

Psycho-biologische

Untersuchungen an Hummeln

mit Bezugnahme auf die Frage der Geselligkeit im Tierreiche

von

Wladimir Wagner.

==== Mit 1 Tafel und 136 Textfiguren. ====



STUTT GART.

E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung (E. Nägele).

1907.

—>> Alle Rechte vorbehalten. <<—

Einleitung.

Die Naturgeschichte der gesellig lebenden Insekten umschließt Fragen der Biologie und Psychologie, die das Interesse für diese Gruppe von Tieren weit über die Grenzen der rein zoologischen Sphäre hinausheben.

Einerseits liegt uns eine Reihe von Ansichten sehr kompetenter Naturforscher aller Länder vor, wonach diesen Insekten im Reiche der wirbellosen Tiere die höchste Psychik zugeschrieben wird; dieselbe soll sich u. a. in einer so hohen Form des Zusammenlebens äußern, wie sie weder bei den höchststehenden Säugetieren, noch selbst bei vielen menschlichen Rassen zu finden ist. So gewinnen die Gelehrten das Material nicht nur für zahlreiche Analogien zwischen Insekten- und Menschenstaaten, sondern auch für den Aufbau soziologischer Hypothesen, die auf die Biologie der Bienen, Wespen und Ameisen gegründet sind.

Andererseits haben wir es mit einer Reihe von Ansichten von nicht weniger maßgebenden Autoren zu tun, welche die Berechtigung derartiger Hypothesen a priori nicht anerkennen, da dieselben den allgemeinen Angaben der Evolutionstheorie prinzipiell widersprechen. Diese letztere zwingt uns, an der Möglichkeit der Hypothese zu zweifeln, daß die gesellig lebenden Insekten in irgend einem Punkte höher stehen sollten, als Menschenrassen, und wären dieselben auch noch so primitiv; es tritt dies um so deutlicher zu Tage, wenn man berücksichtigt, daß die behauptete Überlegenheit der Insekten gerade ein Gebiet betrifft, nämlich die geselligen Beziehungen, das gerade den allerkompliziertesten und vollendetsten Bau des Nervensystemes erfordern dürfte.

Die Versuche, Klarheit in diesen Widersprüchen zu schaffen, sind noch lange nicht weit genug gediehen, um diese Frage in einer Weise zu lösen, die jeden Zweifel beseitigen und die Möglichkeit bieten würde, sie als erledigt zu betrachten.

Eine der Ursachen, welche diese Lösung der Frage erschweren, erblicke ich in der Mangelhaftigkeit der Untersuchungsmethode; diese letztere beruht bis zur gegenwärtigen Zeit hauptsächlich auf dem längst veralteten und abgenützten Verfahren, die Fragen der vergleichenden Psychologie ad hominem oder mit Hilfe der subjektiven Methode zu erforschen, wie sie von Aug. Comte bezeichnet wurde; unter Zuhilfenahme dieser Methode „maßen die Gelehrten (und messen auch heute noch) die Psychik der Tiere mit dem Maße menschlicher Psychik“. Die wissenschaftliche, — oder objektive Methode, wie A. Comte sie genannt hat, verlangt das direkt entgegengesetzte Verfahren: sie verpflichtet den

Forscher, nicht von dem Menschen auf die Tiere, sondern umgekehrt von den Tieren auf den Menschen zu schließen.¹ Ich bezeichne diese wissenschaftliche Methode zur Erforschung der vergleichenden Psychologie als die evolutionäre Methode.²

Will der Naturforscher diesen Weg betreten, so muß er dessen eingedenk sein, daß zwar einerseits die tierischen Organismen in Bezug auf ihre Psychologie keine isolierten Wesen repräsentieren, sondern genetisch miteinander verbunden sind, andererseits aber die Psychik der verschiedenen Gruppen in der langen Kette des Tierreiches auf den verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Charaktere besitzt, welche die einzelnen Gruppen scharf voneinander abgrenzen; die auf die Lösung irgend einer Frage hinzielenden Vergleichen müssen daher nicht zwischen einer beliebigen Gruppe und dem Menschen unmittelbar, sondern zuvor zwischen dieser Gruppe und den vorhergehenden und darauffolgenden Gruppen angestellt werden.

Ein derartiges Vergleichen genügt jedoch noch nicht: es müssen noch dieselben Lebenserscheinungen eines bestimmten Tieres in den verschiedenen Stadien seiner Entwicklung miteinander verglichen werden, und zwar von den ersten bis zu den letzten Momenten ihrer Offenbarung. Hieraus ergeben sich zwei Wege für die vergleichende Erforschung des Gegenstandes mit Hilfe der evolutionären Methode:

a) Der phylogenetische Weg, worunter ich das Studium der Psychologie der Tiere auf Grund von Materialien verstehe, welchen das Leben der Art in einer seiner Beziehungen zu den taxonomischen Einheiten der genealogischen Systematik der Tiere zu Grunde liegt; den leitenden Faden dieses Weges bildet die Vorstellung von der genealogischen Verwandtschaft in der Psychik der Organismen.

b) Der ontogenetische Weg, worunter ich das Studium der Psychik der Tiere auf Grund von Materialien verstehe, welche durch eben diese Psychik zu verschiedenen Perioden in dem Leben des Individuums repräsentiert werden, und zwar von dem Momente an, wo das letztere beginnt, psychisch auf die Einwirkung der Umgebung zu reagieren, — bis zu seinem Tode; die nächstliegende Aufgabe dieses Weges ist die Vorstellung von der Evolution der Psychik des Individuums.

Die Untersuchung der Psychobiologie der Hummeln, welche ich den Lesern nachstehend vorlege, stellt einen Versuch dar, in Befolgung der angegebenen Methode die durch die Meinungen der Naturforscher entstandenen Widersprüche aufzuklären, die darin bestehen, daß die einen Forscher bemüht sind, die sozialen Probleme unserer Zeit durch Hinweise auf die Biologie der gesellig lebenden Tiere zu begründen, die anderen dagegen — den Beweis zu liefern, daß ein solcher Versuch jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehrt.

¹ Einige Autoren verstehen unter der objektiven Methode weniger eine Methode der Wissenschaft, als eine Aufzählung der Bedingungen der Untersuchung und der dabei angewandten Verfahren, aus welchem Grunde sie der subjektiven Methode nicht ein Element der wissenschaftlichen Weltbetrachtung, sondern ein durch ihre eigene Erfahrung erworbenes praktisches Arbeitsverfahren gegenüberstellen. Derart sind z. B. die „Methoden“ in den Definitionen von Kline: „Methods in Animal Psychology“ (Anur. Soc. of Psychol. X, 1899) oder von Mills: „The nature of Animal Intelligence and the methods of investigating“ (Psychol. Rev. VI, 1899).

² Siehe M. Wagner: „Die biologischen Untersuchungsmethoden in den Fragen der Zoopsychologie“ (Russisch). (Trav. Soc. Natur. St. Pétersbourg, T. XXXIII, liv. 2, 1902.)

— III —

Um meine Aufgabe erfüllen zu können, hatte ich

1. die Eigentümlichkeiten der Psychologie festzustellen und abzuschätzen, durch welche die „sozialen Insekten“ sich von den solitären Arthropoden überhaupt unterscheiden, und
2. die wahre Natur des Zusammenlebens der sogenannten sozialen Insekten klarzulegen, welches je nach der Auffassung verschiedener Autoren einer Familie, einer Gesellschaft, einer Herde oder endlich einem Staate entspricht.

Als Objekt für meine Untersuchungen habe ich nicht die Bienen, Wespen oder Ameisen, sondern die Hummeln gewählt, weil diese Gruppe gesellig lebender Insekten von den Autoren (auf Grund des Nestbaues, der Unvollkommenheit der Kasten, der wenig deutlich ausgesprochenen Arbeitsteilung) für die einfachere gehalten wird, und die evolutionäre Methode es verlangt, daß nicht von dem komplizierteren zu dem einfacheren, sondern umgekehrt von dem einfacheren zu dem komplizierteren geschritten werde.

Die Schlußfolgerungen, welche sich in Bezug auf die beiden erwähnten Punkte ergeben haben, werden ein Material abgeben, das von sich aus zu der Beantwortung der Frage führen wird, ob das Zusammenleben der Insekten als ein Glied auf dem Wege der in der Staatenform der menschlichen Gesellschaft gipfelnden Evolution der Geselligkeit im Tierreiche betrachtet werden kann, oder ob dieses Zusammenleben kein derartiges Glied darstellt.

Der Verfasser.

Einige allgemeine Bemerkungen

über diejenigen Arten von Hummeln, an welchen die vorliegenden
Untersuchungen angestellt wurden.

In meiner Arbeit „L'industrie des Araneina“¹ habe ich auf Grund einer ganzen Reihe während des Studiums der Araneina erkannter Tatsachen die ungeheure Wichtigkeit der Lebensweise, der Gewohnheiten und Instinkte der Tiere für deren Klassifizierung nachgewiesen. Ich habe eine Tabelle mitgeteilt, in welcher ich die Spinnen auf Grund dieser biologischen Merkmale anordnete; dabei habe ich nachgewiesen, daß da, wo die der Lebensweise der Tiere entnommenen Ergebnisse nicht mit deren Klassifizierung nach morphologischen Merkmalen übereinstimmen, diese letzteren sich stets als zweifelhaft erweisen, und daß die Frage auf Grund der Biologie richtiger entschieden wird.

Ich wies darauf hin, daß dieses biologische Kriterium sowohl für taxonomische Einheiten höherer Ordnung, als auch für die Arten einer Gattung gültig ist. Spätere Untersuchungen haben die Berechtigung und die Wichtigkeit dieses Kriteriums für die Klassifizierung anderer wirbelloser Tiere bestätigt.²

Bezüglich der Hummeln unterliegt diese Frage jedoch, wenigstens was die mittlere Zone Rußlands anbetrifft, einstweilen etwas anderen Bedingungen. Die auf die Wahl des Ortes, die Auswahl des Materiales, den Bau der Waben, die Pflege der Nachkommenschaft und den Flug nach Tracht gerichteten Instinkte sind bei den verschiedenen Species von Hummeln bisweilen ebenso wenig untereinander verschieden, wie auch deren morphologische Merkmale sich wenig voneinander unterscheiden. Die Daten des biologischen Kriteriums bieten die gleichen Schwierigkeiten für die Bestimmung der Hummelarten dar, wie sie auch in den morphologischen Merkmalen auftreten.

Die Tatsache der Unbeständigkeit in der Färbung und die Menge von Varietäten innerhalb gewisser Arten von Hummeln ist schon seit lange hervorgehoben worden, ebenso die Übergänge von einigen dieser Varietäten zu anderen. Als Beispiel hierfür geben wir in Nachstehendem eine kurze Bemerkung von Prof. J. Perez:³

„Aussi n'est il point rare que des espèces fort différentes arrivent par le caprice de leurs variations à se ressembler tellement par leurs couleurs, qu'un oeil exercé peut seul les distinguer. Tel bourdon noir

¹ L'industrie des Araneina. Chapitre IX. Mémoires de l'Académie Imp. des Sciences de St. Pétersbourg. VII. sér. T. XLII, No. 11. 1894.

² So hat Cockerell (Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1896), indem er darauf hinwies, daß eine jede Art der Bienengattung *Perdita* eine bestimmte Pflanzenart besuche, einen Gedanken ausgesprochen, welchem ich bereits bezüglich der Spinnen im Jahre 1894 Ausdruck gegeben habe, und zwar, daß „Les traits distinctifs essentiels entre les espèces sont physiologiques“ und daß „les caractères morphologiques n'ont de valeur diagnostique qu'en tant qu'ils coïncident avec des différences physiologiques“.

³ J. Perez. Les Abeilles. Paris 1889.

cerclé de jaune et de blanc est frère d'un bourdon jaunâtre avec une bande noire entre les ailes. Un autre, qu'on croirait du même nid que le dernier, se rattache à un type tout noire, roux seulement à l'arrière. Toutes ces modifications, dont les causes d'ailleurs nous échappent, sont par elles-mêmes d'un grand intérêt.“

Siechel¹ schreibt, dieselbe Frage berührend, folgendes:

„Depuis que la facilité des moyens de communication a augmentée la fréquence des voyages et des explorations zoologiques, la multiplication des genres et surtout des espèces a rendu leur étude de plus en plus difficile. Beaucoup d'espèces ont été décrites sous de noms différents; ces descriptions sont dispersées dans des monographies, des voyages, des publications périodiques, souvent rares dans les bibliothèques et d'un accès difficile. Ce qui augmente encore ces difficultés, c'est que les variétés, au premier coup d'oeil, diffèrent souvent tant des espèces typiques, qu'on ne peut les y rapporter qu'après les avoir étudiées sur de grandes séries d'individus recueillis dans les mêmes localités. Par ces raisons l'étude monographique des espèces groupées par séries et surtout celle des faunes locales, acquiert de jour en jour une plus haute importance. Elle seule peut faire rentrer dans des limites rationnelles le nombre des espèces qui nous débordent, et qui, en grande partie, ne sont basées que sur de simples variétés.“

Die gebührende Würdigung dieser Tatsache in ihrer weitesten Bedeutung wird durch die zu große Zahl von eingetragenen Arten unmöglich gemacht, von denen viele augenscheinlich keine andere Bedeutung haben, als den Wunsch ihres Autors, seinen Namen hinter denjenigen einer neuen Spezies zu setzen.

Die Hummeln sind nicht nur polychrom, sondern auch polymorph, und durch diesen Polymorphismus wird natürlich auch der Reichtum an Varietäten bei vielen Hummelarten erklärt. In einigen Gruppen des Tierreiches hat dieser Reichtum an Varietäten und an Arten, welche nicht einmal durch jene bescheidenen, von den Systematikern für die Aufstellung einer neuen Art gestellten Anforderungen begründet sind, zu einer Umarbeitung ihres ganzen Systemes geführt.²

Unter den Hummeln gibt es Arten, welche keine Varietäten besitzen; allein es gibt auch solche, welche deren eine mehr oder weniger große Zahl aufweisen. Dabei fehlen zwischen einigen Arten zwar Formen, welche dieselben verbinden würden, zwischen anderen Arten jedoch bestehen solche Mittelformen und gewisse Arten stellen ganz augenscheinlich eine einzige polymorphe Art dar.³ Hierzu gehören z. B. *Bombus lapidarius* bei uns und *B. caucasicus* und *niveatus* im Kaukasus. Diese Hummeln repräsentieren unzweifelhaft eine einzige Art, für welche nur die lokalen Eigenschaften angegeben werden müssen.

¹ S. Siechel: Essai monographique sur le *Bombus montanus* et ses variétés. Lyon 1865.

² Eine außerordentlich interessante Serie von Tatsachen, welche das oben Dargelegte bestätigen, bieten die Untersuchungen über Mollusken von G. Coutagne (Georges Coutagne, Recherches sur le polymorphisme des Mollusques de France). Der Autor kommt dabei zu dem Schluß, daß der größte Teil der als besondere Arten beschriebenen Variationen gar keine Arten sind, wie dies z. B. Bourguignat annimmt, sondern nur lokale Varietäten einer sehr geringen Anzahl von wirklichen Arten repräsentieren. Der Autor spricht außerdem die Ansicht aus, daß der aus lokalen Ursachen hervorgegangene Polymorphismus für die Bestimmung der Arten mit herangezogen werden muß. Infolgedessen schlägt er für die Bestimmung der Arten eine neue, den neueren Anforderungen der Wissenschaft mehr entsprechende Formel vor; einer derartigen Forderung wird man selbstverständlich die Berechtigung nicht absprechen können.

Nicht ganz verständlich ist mir in den Ausführungen dieses Autors nur folgender Punkt geblieben: warum sollen unter allen Ursachen des Polymorphismus, welcher die Aufstellung einer neuen Formel für die Bestimmung der Art nach sich ziehen soll, nur die lokalen Bedingungen, nicht aber andere, den Polymorphismus überhaupt hervorrufofende Bedingungen, herangezogen werden? Jedenfalls kann ich nicht daran zweifeln, daß wir, wenn auch nicht eine ganz eben so große Zahl von Arten, wie sie A. A. Locard für die französischen *Anodonta* aufstellte (im Ganzen 101 Arten, während Coutagne nur zwei Arten der sehr polymorphen Mollusken dieser Gattung unterscheidet), so doch etwas Ähnliches auch bei den Hummeln annehmen können; um sich davon zu überzeugen, genügt es den „Catalogus Hymenopterorum hucusque descriptorum systematicus et synonymicus“ von Dr. C. G. v. Dalla Torre genauer kennen zu lernen.

³ Eine analoge Erscheinung bei den Coleopteren wurde bekanntlich von Valery nachgewiesen.

Die kaukasische Varietät von *Bombus lapidarius* besitzt auf den letzten Segmenten ihres Abdomens statt ziegelroter Haare solche von ganz weißer Farbe. In der Fauna des mittleren Rußlands, wo wir von den verschiedenen Varietäten nur diejenige besitzen, welche *Bombus lapidarius* heißt, kann man bei den Arbeiterinnen in der Färbung der betreffenden Hinterleibspartie sämtliche Übergänge, vom Ziegelroten bis zum reinsten Weiß beobachten (Taf. I, Fig. 1).

Von großem Interesse ist in dieser Hinsicht der Aufsatz von Ed. Hoffer („Ein sehr lehrreiches Nest des *Bombus terrestris*“)¹.

Ich erachte es weder für notwendig noch für möglich, hier näher auf die in dem genannten Aufsätze mitgeteilten Tatsachen einzugehen, und will nur die von dem Autor aus diesen Tatsachen gezogenen Schlußfolgerungen wiedergeben.

Es erwies sich, daß das beschriebene Nest Hummeln enthielt, welche ihrer Färbung nach sämtlichen bis jetzt bekannten Varietäten von *Bombus terrestris* entsprachen, mit Ausnahme einer einzigen, *Bombus sporadicus* N., welche nur im Nordosten angetroffen wird. Hier fanden sich Exemplare mit der Färbung sowohl von *Bombus viduus* Erichs., als auch von *Bombus pratorum* Z., *Bombus soroënsis*, *Bombus confusus*, *Bombus cryptorum* Fabr., *Bombus dissectus* Gyllen u. s. w. Und alle diese Hummeln befanden sich in einem Neste; alle waren Nachkommen eines einzigen Weibchens.

Von einem der aus dem betreffenden Neste stammenden Exemplare schreibt Hoffer, daß, wenn dasselbe in die Hände eines der früheren Autoren, welche ihr Hauptaugenmerk auf die Färbung richteten, gefallen wäre, die große Zahl der mystischen Hummelarten noch um einen Namen vermehrt worden wäre.

Welchen Schluß zieht nun der Autor aus diesen Tatsachen und wodurch erklärt er diese Erscheinung?

Die Schlußfolgerung besteht einzig und allein darin, daß Hoffer es in Anbetracht der bei den Hummeln auftretenden Polychromie für notwendig erklärt, dieselben nicht in Museen, sondern in ihren natürlichen Lebensbedingungen zu studieren, da eine richtige Klassifikation dieser Insekten nur unter solchen Bedingungen möglich sei.

Diese Schlußfolgerung ist natürlich ganz berechtigt, allein sie erscheint schon gar zu bescheiden und trägt zu der Erklärung der Erscheinung selbst nicht das Geringste bei.

Allerdings dürfte es wohl kaum möglich sein, schon jetzt eine bestimmte Antwort auf diese Frage zu geben, da das hierzu erforderliche Material noch fehlt, allein wir können wohl jetzt schon einige Mutmaßungen aussprechen. Ich für meinen Teil vermute, daß es zwei Ursachen gibt, welche die Polychromie und den Polymorphismus der Hummeln hervorrufen:

Erstens ist es die weitgehende Kreuzung zwischen den verschiedenen Arten. Für diese Voraussetzung habe ich zweierlei Gründe: die Ähnlichkeit im Bau der männlichen Genitalorgane bei verschiedenen Arten und zahlreiche Beobachtungen über Begattungen von Hummeln.

Was den Kopulationsapparat der ♂♂ Hummeln betrifft, so ist innerhalb der Gattung *Bombus*, wie dies bereits Radoszkowski² hervorgehoben hat, nur „la branche du forceps“ und deren „volsella“ Abänderungen unterworfen und zwar ganz unbedeutenden. Was die

¹ Wiener entomologische Zeitung, IV. Jahrgang, 1885.

² Radoszkowski. Bullet. d. l. Soc. Imp. d. Natur. d. Moscou 1884; Horae Societ. Entom. Ross. 1888.

Begattung anbelangt, so kriechen die Männchen einer jeden Art ohne Unterschied auf jedes beliebige Weibchen. Ich setzte in einem Terrarium zu einem Weibchen von *Bombus terrestris* Männchen verschiedener Arten, wobei die letzteren alle, ohne Ausnahme, sich bemühten, das Weibchen zu begatten, wobei sie sich gegenseitig fortdrängten; das Weibchen verhielt sich seinerseits allen Männchen gegenüber ganz gleichmäßig.

Die Resultate einer solchen Kreuzung kennen zu lernen ist außerordentlich schwierig. Wenn man jedoch in Betracht zieht, daß die ♀♀ im Frühjahr eine viel ärmere Auswahl an verschiedenen Formen und Farben darbieten als wir dies bei ihnen im Verlaufe des Sommers beobachten können, so kann man wohl die Vermutung aussprechen, daß die Bastarde weder überwintern, noch eine Nachkommenschaft erzeugen.

Nichtsdestoweniger kann ihr Vorhandensein wohl kaum bestritten werden, wie auch kaum bestritten werden kann, daß derartige Kreuzungsprodukte bei der Bildung neuer Arten eine Rolle gespielt haben; eine bedeutend dankbarere Aufgabe für das Studium dieser Bastarde, in einer Richtung nämlich, welche geeignet wäre, einige Wechselbeziehungen zwischen wirklich bestehenden Arten aufzuklären, ist jedoch meines Wissens noch von niemandem in Angriff genommen worden.

Eine andere Ursache des Polymorphismus der Hummeln liegt vielleicht in jener fehlenden Übereinstimmung *désaccord* zwischen dem durch die herbstlichen Bedingungen der Umgebung differenzierten Keimplasma und den Frühjahrsbedingungen, welche Marchal für die Grundbedingung des geschlechtlichen und sozialen Di- und Polymorphismus hält. Ist die Frage, inwiefern dieses Prinzip in den angeführten Fällen Gültigkeit hat, noch unentschieden, so wird man jedenfalls kaum berechtigt sein, in dem Polymorphismus der Hummeln, welcher sowohl durch deren launenhafte Polychromie als auch durch ihre zahlreichen Varietäten zum Ausdrucke gelangt, eine große Unbeständigkeit des Keimplasmas sowie des somatogenen Plasmas dieser Tiere bestreiten zu wollen.

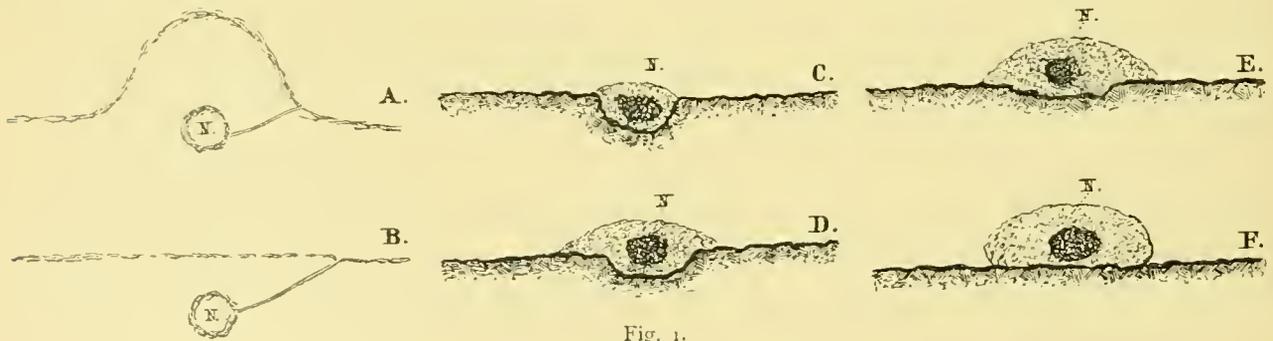


Fig. 1.

Genau dem gleichen Polymorphismus, wie wir ihn bei den verschiedenen Arten von Hummeln in Bezug auf morphologische Eigenschaften finden, begegnen wir auch in ihren Instinkten, welche daher, wie wir aus den weiteren Ausführungen erkennen werden, für die Klassifikation dieser Insekten sehr wenig Anhaltspunkte geben. Zur Erläuterung des soeben Gesagten möchte ich ein Beispiel anführen, auf welches zurückzukommen ich gegebenen Ortes Gelegenheit haben werde. Betrachten wir die nachstehend aufgezählte Reihe von Nestern A, B, C, D, E, F (Fig. 1).

- A. Das Nest (N) befindet sich unter der Erde und ist in gewisser Tiefe in einem, an einer Stelle erweiterten Mäuseloche angelegt.
- B. Ein ebensolches Nest (N), welches jedoch näher an der Erdoberfläche liegt.
- C. Das Nest (N), in einer natürlichen kleinen Vertiefung verborgen, jedoch so, daß es eben sichtbar ist.
- D. Das Nest (N) befindet sich in einer natürlichen Vertiefung und sein ganzer äußerer Teil ist von oben zu sehen.
- E. Die Vertiefung ist gering; das Nest ist von oben, sowie zum Teile auch von den Seiten zu sehen.
- F. Das Nest liegt ganz frei.

Ziehen wir in Betracht, daß der zum Bau eines äußeren Nestes erforderliche Instinkt komplizierter ist, als derjenige für den Bau eines Nestes in einer fremden Erdhöhle (in welcher die Anbringung eines Nestes nur eine Erweiterung der Höhle an der betreffenden Stelle nötig machte, während ein äußeres Nest sowohl die Herbeibringung bedeutenderen Baumaterials als auch eine vollständigere Architektur erfordert und außerdem so eingerichtet sein muß, daß es vor den Augen der zahlreichen Feinde verborgen bleibt u. s. w.), so könnten wir diese Reihe als von A bis F ansteigend ansehen, und auf Grund derselben diejenigen Hummeln einteilen, deren Nester irgend ein Stadium dieser Reihe repräsentieren. Es erweist sich jedoch, daß *Bombus lapidarius* für sich allein nicht nur Bauten aller dieser Typen, sondern, wie wir später sehen werden, außerdem noch andere Bauten auführt. Ein wahrhaft erstaunlicher Fall von Polymorphismus des Instinktes! Ebenso verhält es sich mit vielen anderen Instinkten. Dies sind die Tatsachen, welche uns von allem Anfange an zwingen, jede Hoffnung darauf aufzugeben, in der Systematik der Hummeln feste und unveränderliche Züge für die Aufklärung der Biologie dieser Insekten zu finden und umgekehrt aus dem biologischen Kriterium geeignete Angaben für die Systematik derselben, in derjenigen Gestalt und mit einer so grossen Anzahl von Arten, wie sie gegenwärtig besteht, zu schöpfen. Es unterliegt natürlich keinem Zweifel, daß diese Unmöglichkeit, die morphologischen und biologischen Kriterien zur Anordnung der bestehenden Gruppen in genetische Reihen, unter gegenseitiger Vergleichung und Ergänzung, heranzuziehen, nicht etwa als ein Beweis für die Unzulänglichkeit dieser Kriterien selbst, die genealogischen Beziehungen der Hummeln untereinander aufzuklären, sondern nur für den ungenügenden Stand der wahren Kenntnisse von diesen und jenen anzusehen ist.

Wie dem auch sei, so trägt doch die Systematik der Hummeln, nach den Ergebnissen ihres gegenwärtigen Standes, für meine Ziele — die Aufklärung der Biologie der Hummeln — zu wenig bei, als daß es sich lohnen würde, länger bei ihr zu verweilen; das Wenige, was man in diesem Sinne dürfte verwenden können, werde ich an geeigneter Stelle verwerten.

Es erübrigt noch zu erwähnen, daß in Anbetracht des oben Gesagten den hauptsächlichsten Gegenstand meiner Studien nur folgende Hummelarten bildeten: *Bombus terrestris*, *B. lapidarius*, *B. muscorum*, *B. sylvarum* Walck.

Erster Teil.

Die solitären Instinkte der Hummeln.

Kapitel I.

Das Überwintern der Hummeln.

Warum überwintern die Weibchen nicht in ihren Nestern? Das Aufsuchen eines Ortes für die Überwinterung durch die Arbeiterinnen und die großen Weibchen. Einrichtung der Höhle. Fälle von gemeinsamem Überwintern mehrerer Weibchen von *Bombus lapidarius*.

Ich beginne die Übersicht der Biologie der Hummeln mit dem Überwintern, da das Leben des Weibchens, dieser zukünftigen Stammesmutter der „Familiengemeinschaft“ oder des „Staates“ von Hummeln, wie die Autoren die Form des gemeinschaftlichen Lebens dieser Insekten bezeichnen, eigentlich erst von dem Momente an beginnt, wo es das Nest vor der Periode des Überwinterns verläßt. Die Lebenstätigkeit des Weibchens äußert sich allerdings bereits im Sommer nach dem Verlassen des Cocons, allein diese Periode seines Lebens repräsentiert nicht den Zeitabschnitt eines selbständigen Daseins, sondern denjenigen eines Lebens als Glied der Familie, in welcher das Weibchen entstanden ist und seine Entwicklung durchgemacht hat. Erst nach dem Verlassen des Nestes vor der Überwinterung beginnt das Weibchen sein unabhängiges Leben. Diese Lebensperiode, welche nur den großen Weibchen, d. h. einer verhältnismäßig geringen Anzahl von Gliedern der Hummelfamilie, eigentümlich ist und mit voller Berechtigung als eine Periode, während derer sie einen einsamen Lebenswandel führen, betrachtet werden kann, ist eines der wichtigsten Merkmale, durch welches das große Weibchen sich von den übrigen Individuen der Hummelfamilie unterscheidet. Die Weibchen überwintern nicht in den Nestern, welche ihre Wiege bildeten und in welchen sie ihre ersten Lebenstage zugebracht haben. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß das Hummelnest zum Winter nicht nur einen Friedhof für die daselbst umgekommenen Glieder der Hummelfamilie, sondern auch noch ein Bild systematischer, durch einander ablösende Parasiten hervorgerufener Zerstörung darstellt; von diesen letzteren fressen die einen die Überreste der Nahrungsvorräte, andere die Leichen der Hummeln, wieder andere ihre Zellen und Cocons u. s. w. Die Tätigkeit dieser Parasiten dauert auch dann noch fort, wenn die jungen, durch die Männchen befruchteten Weibchen mit der Frage der Wahl eines Ortes für die Überwinterung bereits ins Reine gekommen sind. Diese Frage wird nicht von allen Hummeln zur gleichen Zeit entschieden; Hoffer bemerkte, daß *Bombus lucorum* früher zur Überwinterung schreitet, als *Bombus terrestris*, welche Art nach seinen Beobachtungen zu

dieser Zeit noch dicht bevölkerte und tätige Nester aufweist. Meine eigenen Beobachtungen geben mir keinen Grund zur Unterscheidung der verschiedenen Hummelarten in dieser Beziehung. Alles was ich hierüber aussagen kann, ist, daß der Beginn der Überwinterung bei den Hummeln mit dem Herbstwetter im Zusammenhange steht, und daß die mit besser geschützten (z. B. unter der Erde oder in Heuschobern angebrachten) Nestern versehenen Hummeln später zur Überwinterung schreiten als Hummeln mit offen angebrachten Nestern. Damit will ich jedoch nicht gesagt haben, daß das Aufsuchen der Überwinterungsorte und die Übersiedelung in die Winterlager durch die Hummeln ausschließlich unter der Einwirkung der Witterung stattfindet; ihre diesbezügliche Tätigkeit wird auch durch andere Faktoren angeregt, welche wahrscheinlich denjenigen analog sind, welche ich bei einigen Vögeln beobachtet habe.¹ In ähnlicher Weise zeigen die Hummelweibchen, nachdem sie ruhig in ihrem Neste gelebt haben, im Herbste eine außerordentliche Unruhe und das Bestreben davonzufiegen. Als ich ein solches Weibchen vor dem Eintritte des Winters (am 1. Oktober) zwischen die Fensterrahmen setzte, wohin ich zuvor etwas Heu gelegt hatte, vergrub sich dasselbe sofort in letzteres, obgleich die Temperatur im Freien 10° Wärme erreichte; hieraus folgt natürlich, daß das Bestreben, sich im Heu zu vergraben, überhaupt sich zu verstecken, nicht sowohl eine einfache Reaktion auf eine äußere Einwirkung des umgebenden Mediums, sondern einen ziemlich komplizierten Instinkt darstellt. Am nächsten sonnigen Tage kroch das ♀ aus dem Heu hervor: augenscheinlich war es von den Bedingungen des Überwinterungsortes nicht befriedigt. Lange Zeit hindurch stieß es gegen die Fensterscheiben, in der Absicht davonzufiegen. Endlich ließ es sich im Heu nieder, doch erwies es sich, daß die Hummel ganz recht gehabt hatte, den Ort für nicht zweckentsprechend anzusehen: sowohl dieses Hummelweibchen, wie auch ein zwischen die Fenster gesetztes Wespenweibchen gingen beide im Winter zu Grunde und erlebten das Frühjahr nicht.² Worin die Ursachen der unbefriedigenden Bedingungen liegen, ist schwer zu sagen;

¹ Ein dem Neste entnommener Strandläufer (*Actodromas minuta*), welcher bis zur Periode des Zuges, welchen er nie gesehen hatte und über welchen er auch nichts erfahren haben konnte (er war vom Dorfe nach Moskau gebracht worden, lebte im Zimmer und konnte die durchziehenden Artgenossen, selbst wenn einige derselben sogar über der betreffenden Straße dahingeflogen wären, weder gesehen noch gehört haben) ruhig in seiner Volière gelebt hatte, gab mir Anlaß zu folgender Beobachtung: Zur Zeit des Abzuges zeigte er eine ungewöhnliche Aufregung, flog in der Volière umher, bemühte sich aus derselben herauszukommen und schlief die Nächte über nicht; später beruhigte er sich, begann aber im Frühjahr, zur Zeit der Rückkehr der Artgenossen genau dieselbe Aufregung und Unruhe sowie die Tendenz fortzufiegen, an den Tag zu legen.

² In den warmen Ländern wird das „Überwintern“ bisweilen durch andere Ursachen hervorgerufen. Ch. Ferton teilt einige interessante diesbezügliche Beobachtungen mit, welche er im Verlaufe vieler Jahre auf der Insel Corsica angestellt hatte. Er schreibt u. a. Folgendes: À Bonifacio le *Bombus xanthopus* Kriechb. a des moeurs différentes; il vole presque toute l'année, mais en nombre variable suivant les saisons. L'été est d'une sécheresse extrême dans cette région; depuis juin jusqu'à la fin de septembre les pluies sont exceptionnelles, et ne sont que de courts orages, insuffisants pour les besoins de la végétation. Aussi la saison des fortes chaleurs (juillet, août, septembre) est elle pauvre en fleurs, et partant en Hyménoptères, le *B. xanthopus* devient rare; on ne voit plus en août que quelques mâles, et exceptionnellement des femelles. En septembre ce bourdon a disparu, les mâles sont morts et les femelles sont endormies attendant la floraison suivante. Les premières pluies arrivent à la fin de septembre ou au début d'octobre, les jeunes femelles de *Bombus xanthopus* apparaissent aussitôt, parcourant l'air d'un vol rapide; en octobre elles sont nombreuses, elles explorent les touffes et les tas de pierres, à la recherche de l'emplacement où elles doivent nidifier. C'est dans la première quinzaine de novembre qu'elles commencent généralement à butiner sur les Romarins et les Arbousiers, qui sont en fleurs depuis la fin d'octobre. Enfin les ouvrières apparaissent en décembre et les mâles en janvier.“ (Ch. Ferton. Notes détachées sur l'instinct des Hyménoptères mellifères et ravisseurs avec la description de quelques espèces. Annales de la Soc. Entomologique de France. Vol. LXX, 1901.)

jedenfalls ist es nicht die Temperatur allein, da auch spätere Versuche mit dem Überwintern von Hummelweibchen im Zimmer zu denselben Resultaten führten.

Für gewöhnlich jedoch beginnen die Nachforschungen nach einem geeigneten Platze seitens der jungen Weibchen schon viel früher. Ende Juli und Anfang August beobachtete ich die Nachforschungen eines jungen ♀ von *Bombus lapidarius*, welches von einer Erderhöhung zur anderen flog, ohne sich unterwegs aufzuhalten oder am Wege stehende Blumen zu beachten. Die Hummel ließ sich auf jede Erhöhung nieder, indem sie dieselben auf eine Entfernung von 1,5—2 m und auch mehr bemerkte, wenn die Bodenerhöhung eine bedeutendere war, da die Entfernung, auf welche eine Hummel einen Gegenstand entdeckt, mit der Größe desselben wächst; die beobachtete Hummel suchte augenscheinlich den Eingang in eine Höhle oder Vertiefungen in der Erde.

Mitte August fand ich Hummeln anderer Arten, welche damit beschäftigt waren, sich ein Winterlager zu suchen, und zwar an solchen Stellen, wo es keine Blumen gab und wo sie mit nichts anderem als eben mit den Nachforschungen nach einem Lager beschäftigt sein konnten. Diese Nachforschungen erfolgten meist an der Basis von Bäumen.

Die jungen Weibchen beginnen demnach im Herbste sich mit der Überwinterungsfrage zu beschäftigen. Schon von Ende Juli an kann man im Gouvernement Kaluga Weibchen beobachten, welche von dem Fuße eines Baumes zu anderen hinüberfliegen, sich hier und dort auf Blätter oder Moos niederlassen und sodann wieder weiterfliegen. Am Abend kehren diese Weibchen in ihr Nest zurück, um am nächsten Tage ihre Nachforschungen wieder aufzunehmen, welche sich beim Leben in der Gefangenschaft oft sehr lange hinausziehen. Ich beobachtete den Ausflug junger Weibchen aus dem Neste am 5. und 9. September (alten Stiles) bei + 14° R. im Schatten. Die Periode dieser Nachforschungen ist eine Zeit, während der die Hummeln zum Teil ein einsames Leben führen, wobei sie ausschließlich in ihrem eigenen Interesse tätig sind, zum Teil aber als Glieder einer Gemeinde leben, welche sie als zu ihr gehörig betrachtet, in welcher sie zu Hause sind, und für welche sie einige Arbeiten verrichten. Allein der Zeitpunkt der Absonderung naht heran: die Weibchen kehren immer seltener und in immer geringerer Anzahl in das Nest zurück; die „Gemeinde“ besteht fast nur aus den „Arbeitshumeln“ und dem alten Weibchen, wenn letzteres noch nicht zu Grunde gegangen ist; ein großer Teil der jungen Weibchen hat das Nest bereits auf immer verlassen, der Ort für die Überwinterung ist ausgewählt und die Arbeiten, wenn solche nötig waren, sind beendet. Die Auswahl des Ortes bedeutet die Auswahl eines kleinen Fleckchens Erde, auf welchem der Bau begonnen werden kann, falls kein fertiges Lager gefunden wurde. Die Beobachtung Ferton's, daß die Hummeln ein Häufchen Blätter oder Moos als Ort für die Überwinterung wählen, ist augenscheinlich unrichtig. Große Arbeitshummeln und solche von mittlerer Größe verkriechen sich allerdings für den Winter an solche Orte, allein sie gehen alle zu Grunde. Ihre Nachforschungen nach einem Überwinterungsorte im Herbste repräsentieren eine sehr interessante Erscheinung. Wir haben es hier mit demselben rudimentären Instinkte zu tun, welchem wir bei den Dohlen „vor ihrem Abzuge zum Winter“ begegnen. Es liegt klar zu Tage, daß in diesem letzteren Falle durch die Auslese der dem Zuge vorangehende Instinkt nicht beseitigt und daher von den Vögeln beibehalten worden ist, obwohl er für die Art ohne Bedeutung wurde. Dieselbe Erscheinung sehen wir auch bei den Arbeiterinnen der Hum-

meln; diese fliegen im Herbst umher, einen Ort für ihr Winterquartier suchend und auf diese Weise einen Instinkt aus früheren Zeiten bewahrend, wo die Hummeln noch keine „geselligen“ Tiere waren und alle Individuen ohne Ausnahme überwinterten. Dieser nachgebliebene Instinkt legt nicht nur dafür Zeugnis ab, daß in früheren Zeiten alle Hummeln überwinterten, sondern auch davon, daß die Bedingungen des Überwinterns selbst andere waren: es gab im Winter augenscheinlich keine so strenge Kälte, welche derartige Vorsichtsmaßregeln verlangt hätte, wie sie sich bei den Weibchen mit der Zeit herausgebildet haben. Bei den Arbeiterinnen dagegen hat sich der Instinkt erhalten, welcher seinerzeit für die solitären Hummeln genügte; die „Geselligkeit“ trat demnach mit der Kälte als eine Folge des Kampfes ums Dasein auf.

Das Suchen beginnt, wie ich oben erwähnte, im Sommer, vom Ende des Juli an; am 30. sah ich ein fortwährendes Hin- und Herfliegen der Hummeln von einem Baume zum anderen; am 2.—3. August waren die Nachsuchungen nach einem Winterlager (im Gouv. Orel) in vollem Gange: die Hummeln kamen ununterbrochen zu dem Baume herangeflogen, an welchem ich meine Beobachtungen über ein im Eingraben begriffenes Weibchen anstellte; unter den Heranfliegenden waren sowohl Weibchen als Arbeiterinnen zu bemerken, wobei die letzteren recht nachlässig erschienen und wenn sie unterwegs auf Blumen stießen, sich sofort auf diese niederließen. Bei den Weibchen war dies nie der Fall: sie suchten hartnäckig nach Plätzen, ohne sich davon durch das Suchen nach Nahrung ablenken zu lassen, aus dem Grunde natürlich, weil sie solche im Neste fertig dargeboten bekommen. Dieser Umstand hat eine große Bedeutung: er weist auf die Wichtigkeit einer solchen Geselligkeit hin, wie wir sie bei den Hummeln sehen, und welche es ermöglicht, daß einige wenige auf Kosten vieler ihre Existenz verlängern können.

Nachdem das Weibchen einen passenden Platz gefunden hat, beginnt es eine kleine Höhle zu graben, wobei es die Wurzeln der Gräser abreißt, welche sie bei ihrer Arbeit hindern. Es ist wohl möglich, daß die Abwesenheit einer größeren Menge solcher Wurzeln, worauf durch das Vorhandensein einer grasfreien Stelle geschlossen werden kann, eine der Bedingungen bei der Auswahl des Platzes bildet.

Das Weibchen von *Bombus lapidarius*, dessen Arbeit ich beobachtete, begann am Rande eines Waldes, von der Schattenseite her, in einer Entfernung von etwa 26 cm von der Basis eines Baumes zu graben. Die Arbeit ging so langsam vor sich, daß das Weibchen in der Zeit von 12 Uhr 25 Min. bis 1 Uhr 15 Min. erst eine Vertiefung gegraben hatte, in welcher es sich nicht einmal vor den Blicken des Beobachters verbergen konnte, indem sein Leib (die letzten Segmente) noch zu sehen war. Um 4 Uhr nachmittags war es schon ziemlich weit vorgegraben: man konnte es bereits nicht mehr sehen, jedoch die Menge ausgeworfener Erde war noch recht gering.

Großes Interesse bietet die Arbeit der Hummeln bei dem Herausgraben der Erde.

Die Hummel arbeitet in folgender Weise: mit den beiden hinteren Beinpaaren wird die Erde aus der Vertiefung herausgestoßen, während sie mit den Vorderbeinen die Erde, welche zum Teil mit Hilfe dieser Beine, zum Teil vermittelt der Kiefern losgelöst wurde, festhält und dieselbe den Hinterbeinen übergibt; zuletzt schiebt die Hummel, indem sie sich rückwärts bewegt, mit dem ganzen Leibe die angesammelte Portion Erde aus der Vertiefung vollends heraus (Fig. 2 a, b). Die Erde wird zuerst nur aus dem Neste herausgestoßen;

später, wenn sie sich in größeren Mengen ansammelt und anfängt bei der Arbeit hinderlich zu werden, führt die Hummel ein Manöver aus, welches dem bei der Reparatur des Nestes angewandten analog ist: sie kriecht über die bereits aufgeführte Erdanhäufung hinüber und beginnt, indem sie die Erde von dem Walle weggräbt, dieselbe immer weiter von der Ein-

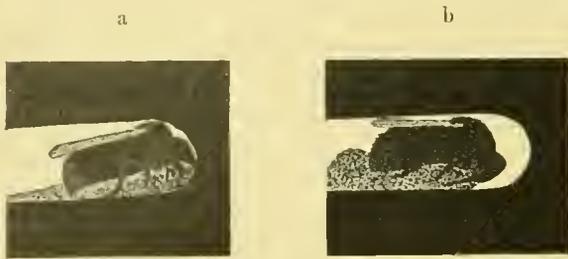


Fig. 2. ♀ von *Bombus lapidarius*; a — einen Gang in die Erde grabend, b — die Erde aus dem Gange hinaus befördernd.

gangsöffnung der Höhle fortzuwerfen; dabei wird die Erde nicht nur nach einer Richtung von der Höhle fortgeschleudert, sondern nach rechts und links zerstreut, so daß sie ein breites Band bildet (Fig. 3).

Man kann sich leicht vorstellen, welche eine Menge unproduktiver Arbeit von der Hummel hierbei geleistet wird; und zwar wird sie aus dem Grunde geleistet, weil das Insekt die Resultate seiner Arbeit nicht voraussieht, sondern, indem es den unerbittlichen Forderungen seines Instinktes nachgeht, bei der Lösung seiner Aufgabe auf jene äußeren Reize reagiert, welche mit dem Fortschreiten in deren Erfüllung zu Tage treten. Daher auch das außerordentlich langsame Fortschreiten der Arbeit: ein jeder Bruchteil derselben wird geschafft, umgeschafft und nochmals umgeschafft.

Vergleichen wir diese Arbeit des Hummelweibchens mit der gleichen Arbeit des Weibchens von *Trochosa singoriensis* Lax., so erweist sich die Arbeit dieser Spinne, auch abgesehen von deren für diesen Zweck besser angepaßten Werkzeugen, als das Resultat eines präziseren und vollständigeren Instinktes.¹

Die Richtung der Höhle ist keine ganz gerade; die Ursache dieser Erscheinung ist die gleiche wie bei den Taranteln, indem auch hier unterwegs angetroffene Stückchen Rinde, Steinchen u. dergl. m. die Regelmäßigkeit der Arbeit beeinträchtigen.

Nicht immer überwintern die Hummeln in solchen selbständig hergerichteten Höhlen oder Gängen. Sie benützen zu diesem Zwecke auch fertig vorgefundene Höhlen, wobei beide Arten von Überwinterung — in eigenen und in fremden Höhlen — bei ein und derselben Hummelart angetroffen werden.

Bombus lapidarius, dessen Weibchen ich bei der Herrichtung des Winterlagers beobachtet habe, überwintert auch in Mäuselöchern. Auf der Fig. 4 sehen wir ein Nest, welches mich zu dieser Annahme berechtigt und welches, wie wir gleich sehen werden, auch noch

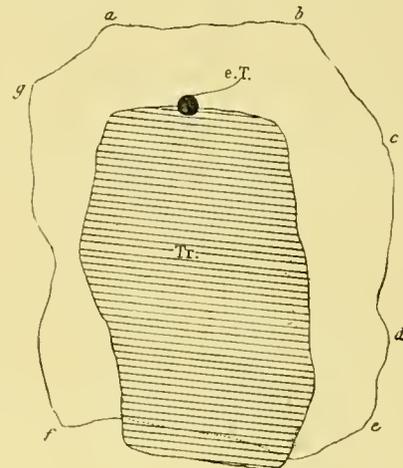


Fig. 3. a b c d e f g — Bezirk der Oberfläche, auf welchem ein ♀ eine Höhle anlegte. e. T. Öffnung des Ganges. Tr. die beim Graben ausgeworfene und in einem regelmäßigen Streifen angeordnete Erde.

¹ Vergl. W. Wagner, L'industrie des Araneina.

in anderer Hinsicht Interesse verdient. Am 7. Juni fand ich im Garten eines Bauernhofes ein Nest der genannten Hummelart, welches folgendes Aussehen hatte (Fig. 4; N = Hummelnest). Zu dem Nest führte ein enger Gang (tu), welcher zweifellos von einem Hummelweibchen speziell angelegt worden war. Das Flugloch (o) befand sich unweit eines Baumes.

Das Nest selbst (N) befand sich in einer Tiefe von etwa 35—45 cm. A und B sind sehr geräumige Mäuselöcher; in denselben befindet sich recht viel Stroh, welches natürlich von den Mäusen dorthin geschafft worden ist, da eine derartige Last die Kräfte einer Hummel unbedingt übersteigt. Die Anordnung des Strohs wies zweifellos darauf hin, daß hier ein

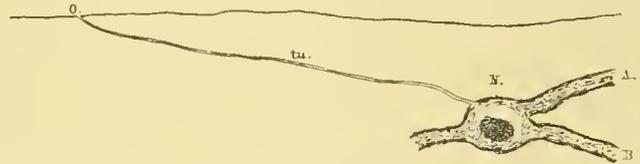


Fig. 4. N. das Hummelnest; tu. schmaler, von der Hummel angelegter Gang; o. das direkt an der glatten Erdoberfläche mündende Flugloch; A u. B Gänge des Mäuselestes, mit Stroh angefüllt.

Nest oder Nester von Mäusen angelegt worden waren; hier fand sich ein wahres Labyrinth von Höhlungen. In diesen Höhlen nun hatten Weibchen von *B. lapidarius* überwintert; da jedoch diese Höhlen nicht tief genug unter die Erdoberfläche reichten, obgleich der zu ihnen führende Gang recht lang war, so waren die Weibchen, welche sich hierher zurückgezogen hatten, der Winterkälte zum Opfer gefallen. Solcher schon vor langer Zeit zu Grunde gegangener Weibchen fand ich drei dicht nebeneinander liegend. Alle waren in gleichem Maße durch die Einwirkung der Zeit zerstört. Ein anderes Weibchen von *Bombus lapidarius* fand ich in diesen Gängen tot aber noch frisch an. Man kann annehmen, daß dieses Weibchen sich in diese Gänge zu demselben Zwecke verkrochen hatte, wie jenes Weibchen, welches die Besitzerin des von mir gefundenen Nestes war. Ist diese Voraussetzung richtig, so haben wir einen Fall vor uns, wo Weibchen einer Art an einem Orte zu mehreren Individuen zusammen überwintern. Es ist dies durchaus nichts Wunderbares, indem erstens mehrere, bisweilen selbst recht viele erwachsene Weibchen ein und desselben Nestes überwintern und alle ihren Zufluchtsort in demselben Rayon suchen, so daß in einem geeigneten Lager unbedingt untereinander verwandte Individuen angetroffen werden können; zweitens sind die jungen Weibchen im Herbst sehr duldsam gegen die Anwesenheit anderer Weibchen, noch dazu solcher aus dem eigenen Neste, und überfallen einander in dieser Jahreszeit nicht.

Der Zeitpunkt des Erwachens tritt, wie auch die Zeit des Überwinterns nicht immer gleichzeitig ein und ist nicht übereinstimmend bei allen Arten.

An dieser Stelle will ich noch auf einen Instinkt der ♀♀ Hummeln hinweisen, welcher bei den übrigen Kasten dieser Insekten noch nicht beobachtet worden ist.

Wenn ♀ und ♂ Hummeln außerhalb des Nestes nächtigen, was sowohl im Sommer wie im Herbst ziemlich häufig der Fall ist, so suchen sie niemals einen Schlupfwinkel in der Erde. Fast immer wählen sie zu diesem Zwecke eine Blüte oder einen Blütenstand, worauf sie übernachten, nachdem sie einen möglichst versteckten Platz eingenommen haben. Bisweilen sieht man mehrere Hummeln, namentlich Männchen, nebeneinander auf einer Blüte sitzen. Im Frühjahr übernachten die Weibchen, wenn sie auf der Suche nach einem Platze für das anzulegende Nest begriffen sind, in der Erde, indem sie zu diesem Zwecke neben einem Gebüsch oder Baumstumpfe gelegene Mäuselöcher aufsuchen.

In den kalten Tagen am Anfange des Juni 1904, als die Hummelweibchen (wie auch andere Insekten) sehr verspätet an ihre Arbeit gingen und noch herumflogen, ohne ein Nest zu besitzen, bemerkte ich Weibchen von *Bombus varians* und *B. lapidarius*, welche nach einem geeigneten, passenden Plätzchen suchten. Zuerst vermutete ich, es handle sich um die Suche nach einem Platze für das Nest, bemerkte aber bald ein hiervon ganz verschiedenes Gebahren. Das in ersterem Falle äußerst vorsichtige Weibchen ging seinem Geschäfte zwar wie stets mit großer Beharrlichkeit nach, schenkte jedoch allem, was um dasselbe herum vorging, nur wenig Beachtung. Ein Weibchen zu beobachten, welches im Begriffe steht, sich ein Nest zu bauen, ist außerordentlich schwierig: kaum hat es eine Bewegung des während der Arbeit in der Nähe stehenden Menschen bemerkt, so fliegt es auch schon schleunigst davon. Hier lag die Sache ganz anders: ich konnte der Hummel ohne weiteres folgen, und diese ging ihrem Geschäfte ruhig nach, indem sie sich bald hier, bald dort auf die Erde niederließ, unter Blättern herumließ, oder sich in Vertiefungen, Spalten und Gänge verkroch, dieselben wiederum verließ, sodann langsam weiterflog, um in einer Entfernung von zwei bis drei Fuß das gleiche Manöver von neuem zu beginnen.

Ferner arbeitet das Weibchen, wenn es einen Ort für sein Nest sucht, sehr eilig, ohne die Arbeit auch nur für einen Augenblick zu unterbrechen: es fliegt unermüdlich so lange umher, bis es endlich Hunger verspürt. Dann beginnt es von einer Blume zur anderen zu fliegen, Nahrung zu sich zu nehmen und auszuruhen. Ist das Weibchen damit fertig, so macht es sich wiederum an die Arbeit.

Ganz anders benimmt sich das Weibchen, welches auf der Suche nach einem Nachtlager begriffen ist. Dieses arbeitet, ohne sich zu beeilen, und säubert sich, nachdem es unter den Blättern hervorgekrochen ist; trifft es auf seinem Wege eine verführerische Blüte, so läßt es sich auf derselben nieder, spaziert darauf herum und fliegt sodann gemächlich weiter. So ließ sich ein Weibchen von *Bombus lapidarius*, welches ich beobachtete, im Verlaufe einer Stunde an etwa 150 Stellen nieder, und besuchte 5—6 Blüten an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten. Kurz vor Sonnenuntergang kroch es endlich unter trockenes Laub neben einem Haselnußstrauch, worauf es sich nicht mehr sehen ließ. Nachdem ich etwa 10 Minuten gewartet hatte, hob ich das Laub auf und entdeckte die Öffnung eines Ganges, welcher tief in die Erde unter dem Strauche führte. Die Hummel hatte sich augenscheinlich sehr weit in denselben verkrochen. Ich bekam sie nicht mehr zu Gesicht und ein Nest wurde an dieser Stelle nicht angelegt.

Eine ganz übereinstimmende Erscheinung beobachtete ich auch bei anderen Weibchen von *Bombus lapidarius* und *B. varians*. Letztere legten übrigens selbst auf der Suche nach einem Nachtlager viel mehr Vorsicht an den Tag.

Durch diese Tatsachen werden zwei in gleichem Maße interessante Umstände festgestellt, und zwar 1) daß die Weibchen noch einen Instinkt besitzen, welcher den übrigen Kasten nicht zukommt und offenbar früheren Ursprunges ist, und 2) daß dieser Instinkt durchaus den Charakter eines völlig solitären Instinktes aufweist.

Kapitel II.

Der Bau des Nestes.

Die gesamte mit dem Baue des Nestes verbundene Tätigkeit ist einzig und allein das Werk des Weibchens; wir können das letztere während dieser Periode seines Lebens demnach ganz ebenso betrachten wie ein jedes andere solitäre Insekt, von welchem das Hummelweibchen sich in psychologischer Hinsicht weder durch den Charakter der Arbeit, noch durch deren Zusammensetzung unterscheidet.

Innerhalb dieser Tätigkeit der Hummelweibchen unterscheide ich dieselben drei verschiedenen Prozesse, welche ich auch bei dem Nestbaue der Spinnen unterschieden habe,¹ und zwar:

- A. Die Wahl des Platzes für den Nestbau.
 - B. Die Vorbereitung der Baumaterialien und
 - C. Den eigentlichen Bau des Nestes, dessen Architektur.
- Betrachten wir ein jedes dieser Einzelbilder im speziellen.

A. Die Wahl des Platzes für den Nestbau.

Inhalt des Abschnittes. Die spezifischen Unterschiede in der Wahl eines Platzes für den Bau des Nestes. — Die Station und ihre Grenzen stimmen bei den verschiedenen Arten mit den Grenzen der Tracht überein. — Der für den Bau des Nestes ausgewählte Ort muß folgenden Bedingungen entsprechen: a) Erleichterung der ersten Arbeit, b) Zugänglichkeit und Ergiebigkeit des zum Nestbaue notwendigen Materiales. — Hummeln und Mäuse. — „Ungewöhnliche“ Fundorte für Hummelnester. — Die Psychologie der „Auswahl“ eines Platzes für die Anlegung des Nestes.

Es ist nicht möglich, irgend welche allgemeine Angaben über diejenigen Orte zu machen, welche von den Hummeln überhaupt für die Anlage ihres Nestes bevorzugt werden. So baut das ♀ von *Bombus lapidarius* sein Nest tief unter der Erde oder in kleinen Erdhügeln, genau in derselben Weise, wie wir dies bei *B. terrestris* sehen; unter der Erde an Abstürzen; am Orte der eigentlichen Überwinterung; an der Oberfläche der Erde: im Walde, aus Moos, genau wie *Bombus muscorum*, im Felde, aus trockenen Grashalmen; in der Nähe von bewohnten Gebäuden, in Strohhäufen, unter dem Boden von Speichern u. s. w.

Bombus muscorum baut nicht unter der Erde; auf der Erdoberfläche dagegen habe ich sein Nest an den verschiedensten Orten gefunden; einmal fand ich ein Nest dieser Art in einem auf der Erde stehenden Starenhäuschen, ein anderes Mal in dem Strohdache einer Scheune, in einer Höhe von 3—4 Metern über der Erde, und in diesem Jahre (1905) entdeckte ich ein solches Nest über einem Fenster dicht bei einem Sperlingsneste, in welchem sich Junge befanden. In dieser Beziehung lassen sich die Tatsachen höchstens so präzisieren, daß gewisse Arten ihr Nest ausschließlich in der Erde anlegen, wie z. B. *Bombus terrestris*, andere nur auf deren Oberfläche, wie *Bombus muscorum*. Endlich legen andere Arten ihre Nester sowohl unter wie über der Erde an, wie *Bombus lapidarius*. Im übrigen finden selbst bei dieser in so allgemeiner Form aufgestellten Norm nicht selten gewisse Abweichungen von der Regel statt, wieweil diese letzteren auch mehr

¹ W. Wagner. L'industrie des Araneina.

scheinbar als tatsächlich sind; so legt *Bombus terrestris*, welcher seine Nester für gewöhnlich unter der Erde baut, dieselben bisweilen auch unter Strohschobern an.

Bei näherer Betrachtung bemerkt man unschwer, daß wir es hier weder mit Defekten des Instinktes, wie es die Autoren nennen, noch mit Aberrationen¹ desselben zu tun haben, sondern daß wir hier nur scheinbare Abweichungen von der Regel vor uns sehen.

In dem Stroh findet das Hummelweibchen ebenso mühelos einen Eingang zu beliebigen Tiefen, wie ihr dies beim Bau unterirdischer Nester durch Mäuselöcher geboten wird. Niemals gräbt sich das Weibchen in dem Stroh nach oben zu ein, sondern stets entweder horizontal oder nach unten, dem Inneren des Haufens zu.

Auch in der Anlage des eigentlichen Nestes bemerken wir das Aufsuchen der gleichen Bedingung, d. h. der größtmöglichen Erleichterung der Arbeit. Die Strohnester werden in vorjährigem Haufen angelegt und zwar meistens in demjenigen Teile des Haufens, wo das Stroh infolge der hier beständig herrschenden Feuchtigkeit in Fäulnis übergegangen und daher fast schwarz geworden ist. Es kann wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß solche Plätze aus dem Grunde bevorzugt werden, weil die Anfertigung einer Höhlung für das Nest hier besonders leicht von statten geht, da faules Stroh sich leicht in jeder Richtung zerkleinern läßt, frisches aber nicht. Häufig vermissen wir Hummelnester an solchen Orten, welche sich für den Nestbau der betreffenden Art gut eignen würden, und zwar aus dem Grunde, weil diese Orte von dem Menschen aufgesucht werden. Nicht alle Hummeln verhalten sich übrigens der Nähe des Menschen gegenüber in gleicher Weise;

¹ Ich erachte es für notwendig, hier daran zu erinnern, daß ich unter dem Ausdrucke Aberration der Instinkte durchaus nicht dasselbe verstehe, was die Autoren „Defekte“ der Instinkte nennen.

Das Vorhandensein solcher Erscheinungen in der instinktiven Tätigkeit der Tiere, welche als Fehler (Defekte) bezeichnet werden könnten, kann ich in keinem Falle zugeben. Die Abweichungen von dem, was die vollkommene Form eines jeden gegebenen Instinktes darstellt, können von zweierlei Art sein. Es sind dies erstens die Abweichungen der Instinkte in der direkten Bedeutung dieses Wortes, das heißt jene seltenen Fälle von „zufälligen“ fremdartigen Angewohnheiten bei gewissen Arten, welche nach Darwin, wenn sie sich als nützlich erwiesen hätten, auf dem Wege der natürlichen Auslese ganz neue Instinkte hätten hervorbringen können, wenn sie sich hingegen als schädlich erwiesen hätten, durch eben diese Auslese beseitigt worden wären. Aus dem soeben Gesagten folgt selbstverständlich, daß wir die Abweichungen in den Erscheinungen des instinktiven Lebens mit demselben Rechte als „Fehler“ bezeichnen könnten, mit welchem wir das Auftreten neuer Streifen auf dem Felle eines Säugetieres oder ihrer Form oder Farbe nach neuer Federn bei den Vögeln als Fehler auffassen würden. Indem wir Abweichungen der Instinkte als „Fehler“ bezeichnen, begehen wir selbst einen doppelten Fehler: dadurch, daß wir die betreffende Erscheinung mit einem ihr nicht entsprechenden Ausdrucke belegen, veranlassen wir einmal zu der Voraussetzung, daß an derselben solche psychologische Momente (vorhergehende Berechnung und Verständnis dessen, was getan ist und dessen, was hätte getan werden müssen) teilnehmen, welche in Wirklichkeit keinerlei Anteil daran haben; ferner veranlassen wir zu der Voraussetzung, daß das Auftreten einer Abweichung etwas unbedingt korrekturbedürftiges sei, wobei die Verbesserung dem diese Abweichung aufweisenden Individuum erwünscht sein muß, was jedoch in Wirklichkeit gar nicht der Fall ist. Und zwar ist dies nicht nur nicht der Fall, sondern es kann auch gar nicht der Fall sein, da nur derjenige irren kann, welcher imstande ist, eine Wahl der auszuführenden Handlungen zu treffen, welcher infolgedessen fähig ist seinen Irrtum zu erkennen, denselben zu begreifen und wieder gut zu machen, wenn dem nichts im Wege steht. Alle diese Momente, welche in dem Begriffe eines Irrtums in der instinktiven Tätigkeit enthalten sind, fehlen aber in der Tat.

Eine andere Art Abweichungen von dem, was die vollkommene Form eines gegebenen Instinktes repräsentiert, kann man in der Erscheinung der „Veränderungen der Instinkte“ beobachten. Unter dieser Bezeichnung verstehe ich ständige und unbeträchtliche Abweichungen der Instinkte von ihrem normalen Typus; auf derartige Abweichungen übt die Auslese keine Wirkung aus, wofür eben die Beständigkeit dieser Erscheinungen Zeugnis ablegt.

Wie wir in der Morphologie des Pflanzen- und Tierreiches keine zwei völlig identische Individuen kennen, wobei die Unterschiede fast immer unwesentlich und nur in seltenen Fällen sofort bemerkbar sind, ebenso haben wir es in der Zoopsychologie mit einer Reihe von Tatsachen zu tun, von welchen die einen unwesentliche Abweichungen (Schwankungen der Instinkte) repräsentieren, während andere, welche viel seltener auftreten, sich als ganz unzweifelhafte, wirkliche Abweichungen der Instinkte erweisen.

einige Arten, wie z. B. *Bombus lapidarius*, kümmern sich sehr wenig um die Anwesenheit des Menschen. Ich habe Nester dieser Art gesehen, deren eines in einer Entfernung von 35 cm von einem Vorratskeller angebracht war, welcher täglich betreten wurde, ein anderes dagegen sich in einem Speicher befand.¹ Im allgemeinen aber sind die Hummeln, namentlich in der Periode des Nestbaues, ungewöhnlich vorsichtig.

Was nun die „Station“, d. h. die allgemeine Lage des Nestortes bei den verschiedenen Hummelarten betrifft, so kann an der Existenz besonderer Eigentümlichkeiten in dieser Hinsicht nicht gezweifelt werden, obgleich deren Feststellung oft schwierig ist. So nistet *Bombus sylvarum a* ausschließlich im Walde. Niemals traf ich Nester dieser Form in Anpflanzungen, Höfen, im Felde oder sonst außerhalb des Waldes an. In Anbetracht des Umstandes, daß das Leben in einem von mir ins Zimmer verbrachten Neste dieser Hummeln seinen gewohnten Verlauf nahm — die Hummeln flogen aus und kehrten wieder zurück wie alle anderen auch —, vermute ich, daß die Ursache für das Fehlen dieser Hummelart in der Nähe menschlicher Wohnstätten und das ausschließliche Vorkommen ihrer Nester im Walde darauf zurückzuführen ist, daß ihre Lebensbedingungen (in erster Linie natürlich die Tracht) mit der Flora des Waldes in innigerem Zusammenhange stehen, als dies bei anderen Arten der Fall ist. Ein Zusammenhang zwischen der Wahl eines Nestplatzes, im Sinne einer Station, und dem Einsammeln der Nahrung kann bei den Hummeln wohl nicht in Zweifel gezogen werden.

In Übereinstimmung mit dem eben Gesagten sind die Nester derjenigen Hummeln, welche einen weiten Rayon für das Einsammeln ihrer Nahrung besitzen, an außerordentlich verschiedenartigen Plätzen anzutreffen, während bei anderen Arten, wie z. B. bei *B. sylvarum*, wo diese Rayons mehr beschränkt sind, auch die Stationen ihres Nestbaues genauer festgelegt erscheinen. Es versteht sich von selbst, daß dieses Prinzip des Zusammenhanges und der Abhängigkeit zwischen der Wahl eines Ortes für den Nestbau und dem Bezirke, wo die Nahrung eingesammelt wird, durch die erwähnte Unbestimmtheit der Station bei gewissen Hummelarten in keiner Weise Einbuße erleidet. Das Prinzip wird in solchen Fällen nur schwerer zu konstatieren sein. Ich verweise hier auf einige von mir gezeichnete Pläne von Fundorten der Nester von *B. muscorum* außerhalb von Ansiedelungen, wo sie sehr häufig angetroffen werden (Fig. 5; a, b, c, d, e).

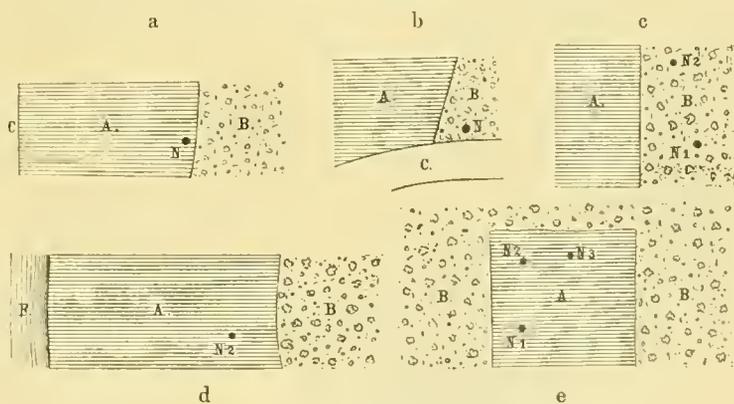


Fig. 5. A — Acker; B — Gebüsch; F — Fluß; C — Weg.
N, N₁, N₂, N₃ — Hummelnester.

Unvergleichlich klarer sind jene Bedingungen, welchen die innerhalb der Stationen durch die Hummeln auszusuchenden „Winkel“ für den Nestbau entsprechen müssen.

Solcher Bedingungen gibt es zweierlei:

¹ E. Hoffer (Die Schmarotzerhummeln Steiermarks) sah eine Hummel (*B. lapidarius*), welche ihr Nest unmittelbar über einer Haustüre anlegte.

1. Die Umstände, welche die Vornahme der ersten, grundlegenden Arbeiten bei der Anlage des Nestes erleichtern und
2. die Zugänglichkeit und die Menge des zum Bauen notwendigen Materiales.

1. Wir beginnen mit der Besprechung der Umstände, welche die Vornahme der anfänglichen Arbeiten bei der Anlage ober- wie unterirdischer Nester erleichtern.

Was die ersteren, d. h. die auf der Erde angelegten Nester betrifft, so kann man sich leicht davon überzeugen, daß diese Nester an solchen Orten angefertigt werden, wo ein Teil der Erdarbeiten bereits ausgeführt ist, und die bauende Hummel nur die fertig vorgefundene Arbeit mehr oder weniger ihren Zwecken anzupassen braucht. Ich habe nie gesehen, wie das Weibchen diese Grundlage ihres Nestes vorbereitet; indem ich aber die zahlreichen,

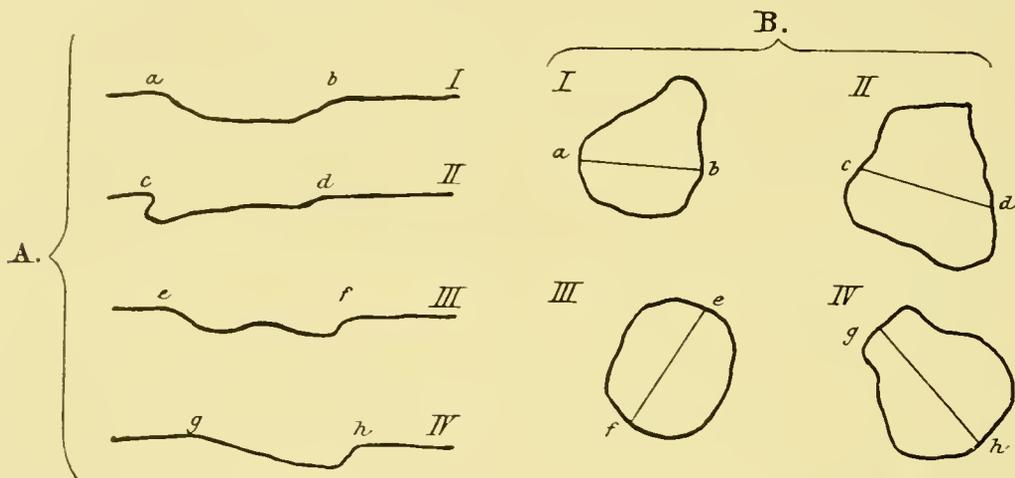


Fig. 6. A. Vertiefungen der Erde (im Querschnitt) auf denen Nester von *Bombus muscorum* angelegt wurden. B. Dieselben Vertiefungen von oben gesehen; die Linien a—b, c—d, e—f, g—h entsprechen den mit den gleichen Buchstaben versehenen Linien des Schemas A.

von *Bombus sylvarum* benutzten Vertiefungen in der Erde miteinander vergleiche, glaube ich behaupten zu dürfen, daß diese Vertiefungen in der Erde nicht von den Hummeln ausgegraben, sondern von diesen nur hergerichtet wurden. In Fig. 6 gebe ich die Schemata einiger Nester, welche meine Voraussetzung als durchaus berechtigt erscheinen lassen. Hätten

die Hummeln die für die Grundlage des Nestes erforderlichen Vertiefungen (Fig. 6; a b, c d, e f) selbst angefertigt, so würde diese Arbeit naturgemäß den für den Instinkt charakteristischen schablonenmäßigen Charakter aufweisen, wobei natürlich mehr oder weniger bedeutende, dabei aber ganz bestimmte Schwankungen mit unterlaufen könnten. Die mitgeteilten Zeichnungen dagegen halten jeden Gedanken an eine schablonenmäßige Arbeit fern und liefern gleichzeitig keinerlei Hinweise weder auf einen Plan noch auf eine Zweck-

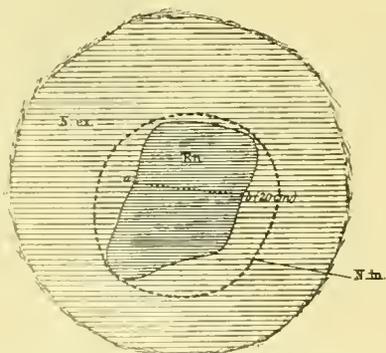


Fig 7. En. — natürliche Vertiefung des Bodens, auf dem ein Nest von *Bombus muscorum* angelegt wurde; N.in. — Grenzen des inneren Nestes; N.ex. — äußeres Nest.

mäßigkeit der Arbeit; mit anderen Worten, sie weisen direkt auf die Zufälligkeit der Erscheinung hin.

In Fig. 7 ist das Schema eines Nestes von *B. muscorum* mitgeteilt, welches in einer natürlichen Vertiefung En gebaut ist, deren Breite bei a—b 20 cm beträgt. N. in = innerer, N. ex = äußerer Teil des Nestes.

Nicht selten benützen die oberirdische Nester anlegenden Hummeln zu ihren Zwecken verlassene Mäuselöcher. In solchen Fällen errichten sie ihre Bauten über der Eingangsöffnung des verlassenen Mäusebaues (Fig. 8) oder unmittelbar neben einer solchen (Fig. 9); die Erde ist an solchen Gängen gewöhnlich mehr oder weniger frei von Vege-

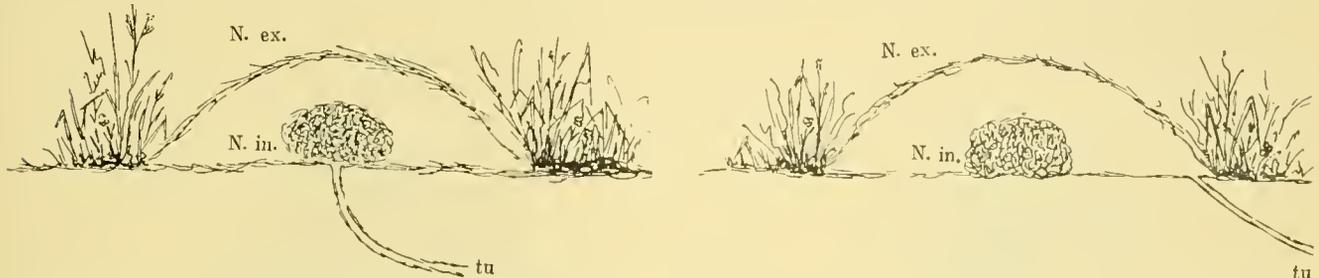


Fig. 8.

Fig. 9.

Schnitte durch Hummelnester. tu. — Mäuselöcher; N. in. — inneres Nest; N. ex. — äußeres Nest.

tation, während die Eingangsöffnung in den Mäusebau der Hummeln bei feindlichen Angriffen als Zufluchtsort während des Bauens und nach Beendigung desselben dient. Die ziemlich weit verbreitete Ansicht, die Mäuse zerstörten Hummelnester, beruht zweifellos auf einem Irrtum. Bei der Besprechung der komplizierten Beziehungen zwischen den einzelnen Erscheinungen in der Natur und deren Abhängigkeit voneinander wies Darwin, auf Grund dieser Legende, auf den Zusammenhang hin, welcher zwischen den Katzen und dem Klee besteht: die Katzen verfolgen die Mäuse, die Mäuse zerstören Hummelnester und vernichten deren Bewohner, die Hummeln sind für die kreuzweise Befruchtung des Klees notwendig. Der große Naturforscher hat sich augenscheinlich geirrt, natürlich nicht in seinen Gedanken über die komplizierten gegenseitigen Beziehungen, welche zwischen der Pflanzenwelt und der Tierwelt bestehen, wohl aber darin, daß er dieselben auf die Mäuse und Hummeln anwandte: im Sommer zerstören die Mäuse niemals Hummelnester, da die Hummeln für die Verteidigung gegen solche Feinde, wenn hier wirklich von Feinden die Rede sein könnte, zu gut gerüstet sind. Die Richtigkeit dieser Behauptung bestätigen mir direkte Beobachtungen sowie die Tatsache, daß die Hummeln gerne in Tennen und Strohhaufen nisten, in der aller-nächsten Nähe einer Menge von Mäusen und Mäusenestern, wobei ich mich nicht erinnern kann, an solchen Orten jemals zerstörte Hummelnester gefunden zu haben. In einem kleinen Strohhaufen beobachtete ich vier verschieden weit entwickelte Hummelnester, welche sämtlich von Bewohnern überfüllt waren; dicht neben diesen Nestern fand ich auch Nester von Mäusen. Im Jahre 1902 fand ich sogar ein im Winterlager einer Maus angelegtes Nest von *B. hortorum*; die Maus war in ihrem Lager zu Grunde gegangen und war seinerzeit durch Fliegenlarven und andere sich von Aas nährenden Insekten vertilgt worden. Das Hummelweibchen benützte bei der Anlage seines Nestes nicht nur jene Höhlung, welche

die tote und in Verwesung übergegangene Maus enthielt, sondern sogar die Überreste des Mäusefelles, aus welchen es das Dach seines Nestes verfertigte.

Der erwähnten Legende liegt die Tatsache zu Grunde, daß in Hummelnestern nicht selten Lager, ja bisweilen auch Nester von Mäusen angetroffen werden. In Fig. 10 ist ein solches Lager einer Maus (N.M.) nebst Eingangs- und Ausgangsöffnung (O. O.) abgebildet, welches in einem vorjährigen Hummelneste (N) angelegt wurde. In keinem Falle findet man solche Nester und Lager von Mäusen in Hummelnestern des betreffenden Jahres. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Mäuse diese Nester entweder im Spätherbste oder im Winter beziehen. Bisweilen gehen sie selbst in diesen Nestern zu Grunde, was ich aus den Fellstückchen erschließe, welche ich in jenem Mäuselager fand, das in einem Hummelneste angelegt worden war.

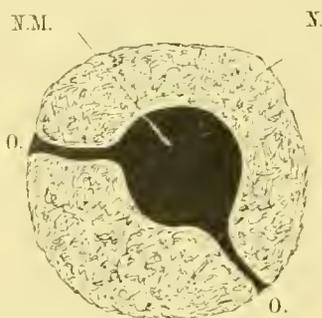
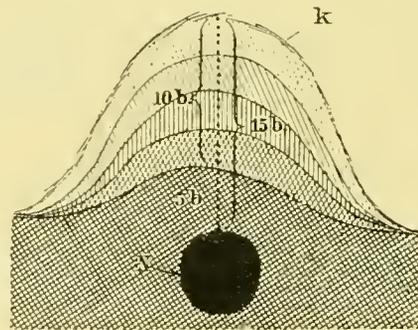


Fig. 10.

Fig. 11. Schnitte durch Hümpel (k) von verschiedener Höhe.
N — Nest; 5 b, 10 b, 15 b — 5, 10, 15 Zoll.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Mäuse und Hummeln sich gegenseitig mit dem aushelfen, dessen sie selbst nicht mehr bedürfen, ohne sich jemals gegenseitig anzugreifen; zählt man nun die einzelnen Fälle, wo die Mäuse sich den Hummeln nützlich erweisen und umgekehrt die Hummel den Mäusen, so erweist sich, daß letztere mindestens 50 Mal häufiger der gebende als der empfangende Teil sind.

Wir wollen jedoch zu der Frage über die „Wahl der Winkel“ für den Nestbau bei den oberirdischen Hummeln zurückkehren. Ich erwähnte, daß eine der Bedingungen bei der Wahl — unter gleichen sonstigen Umständen — die größtmögliche Erleichterung der Arbeit sei, — ein vollständig begreiflicher Instinkt, wenn man berücksichtigt, daß die bauenden Hummeln gezwungen sind, sehr eilig zu arbeiten und überdies bisweilen die angefangene Arbeit wiederholt liegen lassen müssen, um sie an einem anderen Orte wieder aufzunehmen.

Was die unterirdischen Nester betrifft, so tritt hier die Leichtigkeit der Arbeit als eine der Vorbedingungen für die Wahl des „Winkels“ noch deutlicher hervor. Ein gutes Beispiel hierfür bieten die Nester von *B. terrestris*. Wenn diese Hummeln einen geeigneten Winkel für ihr zukünftiges unterirdisches Nest aufsuchen, so benützen sie zu diesem Zwecke stets ein Mäuseloch, das bei ihnen jedoch eine andere Rolle spielt, wie bei den oberirdisch bauenden Hummeln: bei letzteren ist diese Rolle eine untergeordnete, indem das Mäuseloch auch fehlen kann, da es keine eigentliche Erleichterung der Arbeit bei dem Baue des Nestes gewährt; bei den unterirdisch lebenden Hummeln dagegen er-

weist sich die Anwesenheit eines solchen Ganges als notwendig, da derselbe nicht nur die Arbeit erleichtert, sondern die Hummel einer ungeheuren Arbeit ganz enthebt, indem er einen bereits fertigen Eingang in das oft tief unter der Erde gelegene Nest liefert.

Nachdem das Hummelweibchen ein Mäuseloch gefunden hat, kriecht es in den Gang, um denselben zu „besichtigen“. Die Bedingungen, welche den Anforderungen des Instinktes entsprechen, bestehen, soweit ich mir dies erklären konnte, darin, daß der Gang möglichst horizontal und nicht allzu tief unter der Erdoberfläche verläuft. Da nun Gänge, welche unter Erdhümpeln verlaufen, diesen Anforderungen am besten entsprechen, so legen die Hummeln in solchen Gängen auch am häufigsten ihre Nester an; die Höhe des Hümpels hat hier natürlich nichts zu sagen. Diese Anforderungen, welche an den Platz für das Nest gestellt werden, sind in Fig. 11 graphisch dargestellt. Interesse verdient der Umstand, daß die Hummeln, indem sie durch das Mäuseloch kriechen, in dasselbe gerade so weit eindringen, daß ihr Nest genau in die Mitte des Hümpels zu liegen kommt; dabei sind von der Eingangsöffnung an bisweilen nur 14—18 cm, ein anderes Mal dagegen bis zu 45—55 cm und mehr zurückzulegen.

Welches sind nun die Anhaltspunkte, durch die sich die bauende Hummel bei dieser in vollständiger Dunkelheit getroffenen Wahl des Platzes leiten läßt? Ich wage es nicht, diese Frage mit Bestimmtheit zu beantworten. Vielleicht ist es die größere Leichtigkeit des Grabens in der Mitte des Hümpels als an dessen Rande oder außerhalb desselben, da in der Mitte am wenigsten Pflanzenwurzeln zu finden sind, welche die Arbeit aufhalten oder sogar ganz unmöglich machen. Für die Richtigkeit dieser Vermutung spricht unter anderem auch der Umstand, daß auf den Wiesen Nester von *B. terrestris* ausschließlich unter Hümpeln gefunden werden, obgleich Mäuselöcher, welche die gewünschte Neigung zur Oberfläche aufweisen, zweifelsohne massenweise auch außerhalb von Hümpeln anzutreffen sind. Finden sich mitunter Nester dieser Hummeln einfach unter der Erde, nicht aber unter einem Hümpel, so ist dies nur dann der Fall, wenn das Mäuseloch an einer Böschung oder an einem Abhange beginnt (Fig. 12). Die von den Hummeln gestellten Anforderungen bleiben natürlich auch hier dieselben: eine größtmögliche Erleichterung der Arbeit und als sekundäre Bedingung — eine bestimmte Neigung des Ganges in Bezug auf die Horizontale. Die gleichen Bedingungen bezüglich des Platzes für das zukünftige unterirdische Nest finden wir auch bei anderen unterirdischen Hummeln.

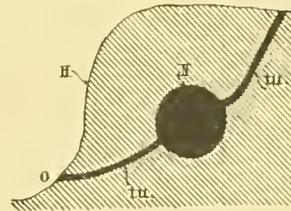


Fig. 12. Hummelnest (N) an einer Böschung (H); O — Ausgangsöffnung des Mäuselochs tu, welche als Flugloch verwendet wurde. Der übrige Abschnitt des Mäuselochs tu wurde von den Hummeln nicht benutzt und am Nest verstopft.

So legt *B. sylvarum* var. seine Nester unter der Erde an, wobei er sich zu diesem Zwecke, aus denselben Ursachen wie *B. terrestris*, Mäusenester zu nutze macht. Ein Unterschied besteht nur darin, daß 1) diese Hummeln, welche ihre Station im Walde haben, auch ihre Nester ausschließlich im Walde anlegen und 2) daß die Richtung des Ganges unter einer so starken Neigung in das Erdinnere verlaufen kann, wie ich sie bei *B. terrestris* nie beobachtet habe.

Diese spezifische Eigentümlichkeit der Instinkte bei *B. sylvarum* findet ihre Erklärung darin, daß Hümpel sehr selten im Walde angetroffen werden, ferner darin, daß eine starke Neigung des Ganges im Walde bei Regengüssen nicht zu den Folgen führen kann, wie sie an freiliegenden Orten nicht nur möglich, sondern unter Umständen geradezu unvermeidlich sein würden.

Genau ebenso wie die Schwankungen in der Tiefe des Ganges bei den grabenden Spinnen von den Einflüssen der natürlichen Auslese nicht berührt werden, indem letztere nur die minimalen und die maximalen Grenzen dieser Tiefe genau bestimmt, — sehen wir auch bei verschiedenen Hummelarten gleichfalls in bestimmten Grenzen verlaufende Schwankungen in der größeren oder geringeren Neigung des zu dem Neste führenden Ganges.

2) Die andere Bedingung bei der Auswahl eines Winkels für die Anlage des Nestes besteht, wie bereits gesagt, in der genügenden Menge des zum Baue erforderlichen Materiales.

Diese Bedingung erweist sich, gleichwie die Leichtigkeit der Arbeit, als ebenso wichtig für die unterirdisch wie für die oberirdisch bauenden Hummeln. Ich habe niemals Hummelnester in solchen Nadelwäldern gefunden, wo der Boden mit Nadeln bedeckt ist, indem er in solchen Fällen ganz untauglich zur Anlage eines Hummelnestes ist. Daß eine Abhängigkeit zwischen dem Materiale des Nestes und dessen Standorte besteht, geht unter anderem aus der Tatsache hervor, daß z. B. *B. muscorum* seine Nester niemals auf offenen Wiesen anlegt, sondern zu diesem Zwecke stets Waldwiesen, einen Platz am Waldesrande oder endlich den Wald selbst, oder aber andere Orte, wo die zum Bau erforderlichen Gegenstände zu finden sind, auswählt. Durch dieselben Verhältnisse wird naturgemäß auch der Umstand erklärt, daß wir Hummelnester nie in Kornfeldern oder überhaupt in großen besäten Parzellen finden: solche Orte enthalten eben kein Material für den Bau von Nestern.

Auf die gleiche Weise erklärt sich endlich auch jene besondere Neigung der Hummeln, ihre Nester in Tennen und im Stroh anzulegen: hier gibt es Material in Fülle und die Hummeln finden was sie brauchen und soviel sie brauchen.

Ich habe zur Besprechung der Auswahl der „Winkel“ noch hinzuzufügen, daß alle diese Winkel, ungeachtet ihrer scheinbar unendlichen Mannigfaltigkeit, im wesentlichen einander doch sehr gleichen. Die spezifischen Eigentümlichkeiten der Bauinstinkte bei den Hummeln sind, wie ich bereits bemerkt habe, auf die Suche nach einem Platze für das Nest zurückzuführen, wobei die einen ihr Nest unter der Erde, die anderen über der Erde, wieder andere hier wie dort anlegen, je nachdem wo jene Bedingungen besser erfüllt sind, welche den grundlegenden Anforderungen bei der Entscheidung der Frage über die Wahl eines Winkels — Erleichterung der Arbeit und bequeme Erlangung von Baumaterial — entsprechen müssen. In letzterem Falle können wir Nester an den verschiedensten Orten finden: im Stroh, unter Steinen, an der Oberfläche der Erde, unter dem Boden von Scheunen u. s. w.

Dabei wird man natürlich berücksichtigen müssen, daß es für die Hummeln weder Scheunen, noch Stroh- oder Steinhaufen u. s. w. gibt; für sie kann es nur das Bedürfnis nach solchen Bedingungen geben, welche einen Winkel bequem machen; wo aber dieser Winkel gelegen sein wird, ob unter einem Hause, unter einem Heuschober, in einem Strohdache, — dies kann von der Hummel nicht einmal abgeschätzt werden, sondern nur ihrer Aus-

wahl unterliegen: besucht die Art die gegebenen Örtlichkeiten unter den gewohnten Lebensbedingungen, so kann sie dort auch einen Platz für ihr Nest wählen, besucht sie dieselben nicht — so wird sie selbstverständlich auch ihr Nest nicht dort anlegen.

Sehr merkwürdig kommen mir daher die Mitteilungen über „wunderbare“, „ungewöhnliche“ und „sonderbare“ Fälle von Fundorten für Hummelnester vor, welche in Wirklichkeit durchaus nichts Sonderbares darstellen und nur aus dem Grunde diesen Eindruck machen, weil die Autoren solcher Mitteilungen annehmen, diese Insekten besäßen die Fähigkeit, die Gegenstände in derselben Weise zu unterscheiden, wie dies von seiten des Menschen geschieht.

So schreibt z. B. Professor J. Perez in seinem Buche „Les Abeilles“, der „alleraußergewöhnlichste“ Fundort für ein Hummelnest wäre das auf dem Dachboden eines Bauernhauses „à Boyanko (?) en Ukraine“ entdeckte und von Hoffer beschriebene Nest. Dieses Nest war in einem alten Pelzkleidungsstück angelegt, welches in einen Winkel des Bodens geworfen worden war. Die Species der betreffenden Hummel ist nicht angegeben.

Ich vermute, daß dieses Nest *B. lapidarius* angehörte und kann nicht nur nichts Wunderbares in dieser Wahl eines Platzes finden, sondern sehe, unter Berücksichtigung jener Anforderungen, welche der Instinkt an den Nestwinkel stellt, in dem beschriebenen Falle nur eine genaue Befolgung dieses Instinktes. Der Autor, wie auch viele andere in analogen Fällen, hat sich durch den Umstand verblüffen lassen, daß die Wahl eines Ortes für den Nestbau auf einen alten Halbpelz gefallen war; er vergißt dabei, daß ein solcher Gegenstand für die Hummeln nicht existiert: sie können denselben in seiner Gesamtheit nicht einmal sehen und sind in keiner Weise im stande, sich die Gestalt dieses Gegenstandes vorzustellen; alles, was sie erfassen können, das ist, wie wir oben gesehen haben, ein geschlossener, warmer, abgeschlossener Winkel, in welchem ein Nest angelegt werden kann.

Wodurch aber dieser Winkel von der Außenwelt abgeschlossen ist, ob durch Stroh, Fell, Heu, Hobelspäne, Steine — dies ist für die Hummeln gleichgültig und unterliegt nicht ihrer Kritik.¹ Man wird aus diesem Grunde weder in den Mitteilungen von Schenk, welcher ein in einem verlassenen Eichhorneste angelegtes Nest von *B. sylvorum* beschreibt, noch in denjenigen Z. Smiths über einen Fall, wo ein Nest von *B. agrorum* in einem Vogelneste gefunden wurde und anderen ähnlichen Erscheinungen, etwas „Wunderbares“ oder „Sonderbares“ finden können.

Indem ich die Schlußfolgerungen aus allem ziehe, was ich über die Wahl eines Platzes für den Bau des Nestes durch die Hummeln gesagt habe, möchte ich die diesbezügliche Tätigkeit dieser Insekten in folgender Weise definieren:

1. Eine Station für die Nester existiert bei den Hummeln; ihre Grenzen sind für die verschiedenen Arten zwar verschieden, stimmen aber, wie es scheint, stets und bei allen Arten mit den Grenzen der Tracht überein.

2. Als Platz für das zu erbauende Nest, im direkten Sinne dieses Wortes, erscheint ein sehr beschränkter Winkel auf der Oberfläche der Erde oder unter der Erde, welcher den fundamentalen Anforderungen des Instinktes entsprechen muß, und zwar

¹ Fabre verfällt in seinen „Souvenirs Entomologiques“ in einen ganz analogen Fehler, indem er den Bau einer Hymenoptere in den Kleidern von Arbeitern als eine staunenswerte Erscheinung beschreibt.

- a) der größtmöglichen Erleichterung der Arbeit und
- b) dem Vorhandensein von Baumaterial.

Es bleibt noch übrig, eine Frage rein psychologischer Natur zu beantworten: es handelt sich darum, ob eine derartige „Wahl“ zwischen verschiedenen Winkeln für den Bau eine Sache des Instinktes ist, oder aber ob auch gewisse Fähigkeiten des Verstandes und des Bewußtseins daran teilnehmen?

Für mich unterliegt es nicht dem geringsten Zweifel, daß wir es hier ausschließlich mit dem Instinkte allein zu tun haben, und zwar aus folgendem Grunde:

Eine „Wahl“ weist nur in dem Falle auf das Vorhandensein eines Bewußtseins hin, wenn das die Wahl vornehmende Individuum im stande ist, sein Werk entweder so oder anders auszuführen. Dies ist jedoch nur unter der Bedingung möglich, wenn nachgewiesen werden kann, daß dieses Individuum fähig ist, Gegenstände, wenn auch nur in der aller-elementarsten Weise, einander gegenüber zu stellen, sie miteinander zu vergleichen und, als Resultat dieses Vergleiches, den einen oder den anderen dieser Gegenstände vorzuziehen. Diese letztere Bedingung erfordert jedoch augenscheinlich ein wenn auch undeutliches, wenn auch recht verworrenes Verständnis für den Zweck der Wahl.

Genügt jene Tätigkeit der Hummeln, welche man als die „Wahl“ eines Platzes für den Bau des Nestes bezeichnet, den soeben angegebenen Bedingungen für das Bewußtsein dieser Handlung oder nicht?

Es ist nicht schwer, sich davon zu überzeugen, daß die „Wahl“ der Hummeln keiner einzigen dieser Bedingungen Genüge leistet, indem sie nicht von seiten irgend eines Individuums, sondern durch die Hummelart selbst erfolgt: eine Art — d. h. alle dieselbe ausmachenden Weibchen — „wählen“ das eine, alle Weibchen einer anderen Art dagegen „wählen“ etwas anderes, wobei alle Individuen einer Art nicht eigentlich wählen, sondern vielmehr alle in ein und derselben Weise, nach einer gemeinsamen Schablone, handeln.

Es ist mir natürlich nicht möglich, zu beweisen, daß die Hummeln nicht im stande seien, die Orte, welche sie behufs Erbauung ihres Nestes in Augenschein nehmen, miteinander zu vergleichen; ich habe jedoch Veranlassung zu vermuten, daß schon die Menge der in der Periode des Nestbaues von den Weibchen besuchten Plätze, deren es wohl Tausende, wenn nicht Zehntausende sind, sowie die Kürze der Zeit, welche die „Besichtigung“ eines jeden Platzes in Anspruch nimmt, die Möglichkeit ausschließt, derartige Gegenüberstellungen und Vergleiche vorzusetzen. Diese Umstände zwingen uns im Gegenteil zur Annahme einer anderen, viel einfacheren und dem ganzen Sachverlaufe viel besser entsprechenden Lösung dieser Frage: die Hummel schätzt keine Eigenschaften gegenseitig ab, vergleicht nichts und trifft keinerlei Auswahl, sondern entschließt sich direkt für dasjenige, wodurch die Anforderungen ihres spezifischen Instinktes befriedigt werden; dieser wird aber durch die erblich festgelegte Empfänglichkeit ihrer Sinnesorgane und ihre Arbeitswerkzeuge bestimmt. Wenn der gefundene Winkel in bestimmter Weise auf diese Sinne wirkt, so ist er eben für den Bau „gewählt“. Von der Richtigkeit dieser Annahme werden wir durch den Umstand überzeugt, daß das wichtigste Merkmal, welches die „Wahl“ unter verschiedenen Gegenständen zu einem bewußten Akte stempelt, — nämlich die Befähigung zum Vorziehen —, bei den Hummeln nicht vorhanden ist; diese Fähigkeit kann auch gar

nicht vorhanden sein, da diese Insekten sich gar keine Vorstellung von dem Zwecke machen können, von welchem sie sich bei der Wahl eines Platzes müßten leiten lassen.

Die Weibchen, welche Nester bauen, haben ja nicht einmal die Möglichkeit gehabt, zu erfahren, daß die Räume, in welchen sie sich entwickelten, durch Hummeln hergestellt wurden und nicht etwa eine natürliche Kombination von Gegenständen darstellen, indem diese Weibchen später als die übrigen Kasten zur Welt kommen und zwar zu einer Zeit, wo bereits alle Arbeiten der Gemeinde fertig ausgeführt sind. Um die Möglichkeit zuzugeben, daß ein junges, im fertigen Neste auftretendes Weibchen die Fähigkeit besitze, zu erkennen, was vor seinem Erscheinen auf der Welt in diesem Neste vor sich gegangen ist, müssen wir eine der zwei folgenden Annahmen zulassen: entweder besitzt das Weibchen eine Fähigkeit zur Analyse und Synthese der es umgebenden Erscheinungen, die alles in den Schatten stellt, was wir in dieser Hinsicht beim Menschen beobachten, — ist es doch diesem letzteren, ungeachtet der zahlreichen Beobachtungen über das Leben der Hummeln, noch nicht gelungen, sich über alle Einzelheiten ihrer Tätigkeit klar zu werden; oder aber die Hummeln besitzen eine Umgangssprache, welche nicht ärmer sein kann, als die Sprache der Spezialwerke über Biologie.

B. Das Baumaterial der Hummelnester.

Inhalt des Abschnittes: Das Material, welches aus verschiedenen Gegenständen pflanzlichen (und bisweilen auch tierischen) Ursprunges besteht, und das Material, welches von den Hummeln selber ausgeschieden wird. Das an Ort und Stelle „vorgefundene“ und das „herzugetragene“ Material. Die „Wahl“ des Materiales für oberirdische Nester und seine biologische Bedeutung. „Verbesserungen“ und „Fortschritt“ in der Auswahl des Materiales nach der Ansicht der Autoren.

Abweichungen in der Wahl des Materiales in der direkten Bedeutung dieses Wortes. Die Psychologie der mit der Wahl des Materiales im Zusammenhange stehenden Tätigkeit der Hummeln.

Das Material, aus welchem das Nest gebaut wird, ist bei den Hummeln, wie auch bei vielen solitären Bienen und bei den Spinnen, von zweierlei Art: ein Teil desselben wird von den Hummeln in der Nähe des Nestes gesammelt, der andere von ihnen selber ausgeschieden. Aus ersterem werden die äußeren Teile des Nestes, aus dem zweiten einige Teile der inneren Räume hergestellt.

Wir wollen mit dem Materiale beginnen, welches von den Hummeln in der Nähe ihrer zukünftigen Nester gesammelt wird und deren äußere Teile bildet, nämlich die Basis, die Wände des Nestes und dessen kuppelförmiges Dach.

Ich habe nie Gelegenheit gehabt zu beobachten, wie die Hummelweibchen den Bau ihrer Nester beginnen. Aber ich habe letztere während der Periode gesehen, wo sie von einem Weibchen allein bewohnt waren; ich habe gesehen, wie die jungen Weibchen ihr Nest ausbessern; ich habe das Material im fertigen Neste genau untersucht und dasselbe mit dem verglichen, wovon das Nest umgeben ist, und was sich direkt neben demselben befindet. Diese Beobachtungen bieten eine Grundlage, welche vollkommen genügend ist, um sich nicht nur den Prozeß, sondern auch den Sinn der Arbeit dieser Insekten klar zu machen.

Wenn wir das Material der Hummelnester von solchen Gesichtspunkten aus betrachten, so bemerken wir folgendes: Bei den einen besteht es aus Gegenständen, welche

das Nest unmittelbar umgeben, ohne besondere Auswahl. Dieses Material kann man als das „an Ort und Stelle vorgefundene“ bezeichnen.¹ Ausschließlich solches beobachten wir z. B. bei *B. lapidarius*. Bauen sie ihr Nest in fertigen, geschützten Winkeln, wie z. B. in Stroh, Heu, Reisig, zwischen Steinen, unter abgefallenen Blättern, Moos, so fügen diese Hummeln zu dem fertig Vorgefundenen noch Material hinzu, welches sie in der Nähe finden können. Wird das Nest an offenen Plätzen, wie auf Brachfeldern, Wiesen oder in Gärten angelegt, so schleppen die Hummeln in der Nähe liegende trockene Gras- und Blattstengel u. dgl. m. zu dem Bauplatze heran. Bei anderen Hummeln, wie z. B. bei *B. terrestris*, liegt die Sache anders. Indem diese ihr Nest unter der Erde anlegen, haben sie schon nicht mehr die Möglichkeit, das dazu nötige Baumaterial in der nächsten Nähe aufzunehmen, sondern sie sind gezwungen, dasselbe aus einer mehr oder weniger beträchtlichen Entfernung herbeizuholen. Hier wird das Material demnach nicht nur ein vorgefundenes, sondern auch ein hinzugebrachtes sein. Es besteht fast ausschließlich aus dünnen, zarten, kurzen Hälmchen von krautartigen Gewächsen, welche die Hummeln von den dem Nest zunächst liegenden Orten in ihren Kiefern nach dem Bestimmungsorte schaffen. Die Wahl dieses Materiales beruht auf dessen Transportfähigkeit, welche in diesem Falle von ganz besonderer Wichtigkeit ist, da dasselbe in einen unterirdischen Gang verbracht werden muß.

Die Verwendung des Materiales ist nicht überall und nicht bei allen Hummeln die gleiche. In den unterirdischen Nestern dient dasselbe lediglich als ein Mittel, um die Familie vor Feuchtigkeit und vor jenen feindlichen Elementen zu schützen, welche aus dem umgebenden Medium in das Nest dringen können. Bei den Hummeln aber, welche ihr Nest an der Oberfläche der Erde anlegen, erhält das Material eine kompliziertere Bedeutung: es muß nicht nur den bereits angeführten, sondern außerdem auch noch anderen Anforderungen genügen, welche dort nicht vorhanden waren.

Vor allem bemerken wir hier, daß das Material des Nestes nicht gleichartig ist, indem es sowohl in seiner Zusammensetzung als auch nach seiner Bedeutung eine Differenzierung erfahren hat. So wird z. B. bei *B. muscorum* der untere Teil des Nestes aus kleinen Partikeln von Blättern, Stengeln u. dergl. m. gebildet. Indem dieselben den Boden des Nestes dicht auskleiden, erfüllen sie denselben Zweck, der durch das gleiche Material bei den unterirdischen Nestern erreicht wird, und sind, ebenso wie bei diesen, ein hinzugebrachtes Material. Die obere Deckschicht des Nestes hingegen besteht stets aus an Ort und Stelle vorgefundener Materialien: es wird aus solchen mehr oder weniger leicht herbeizuschaffenden Gegenständen zusammengesetzt, welche das Nest in größter Menge umgeben. Wird das Nest von *B. muscorum* in einem Birkenwalde angelegt, in welchem der Boden nur mit trockenen Blättern und Teilen von solchen dicht bedeckt ist, so besteht auch die oberste Schicht des Nestes nur aus trockenen Blättern und deren Bruchstücken, durch welche das Nest in dem dasselbe umgebenden Milieu vollständig unsichtbar gemacht wird. Ist das Nest an einem Platze angelegt, wo außer den Blättern auch Moos vorkommt, so wird in der obersten Schicht des Nestes außer Blättern auch Moos enthalten sein. Da, wo die Erde hauptsächlich mit Moos bedeckt ist, werden wir in der Deckschicht des Nestes auch vorzugsweise Moosteilchen finden.

¹ Vergl. L'industrie des Araneina. p. 201 u. ff.

Wird ein Nest dieser selben Hummelart auf einem brach liegenden Felde angelegt, so besteht seine oberste Schicht aus trockenen Halmen, wie sie ringsherum auf demselben Brachfelde angetroffen werden; in dieser Schicht wird man hier kein einziges trockenes Blatt, kein Stückchen Moos finden.

Ein ebensolches zur Hand befindliches Material sehen wir auch in den oberirdischen Nestern von *B. variabilis*.

Ein Nest dieser Hummeln, welches im Garten gefunden wurde, erwies sich als hauptsächlich aus Grashalmen bestehend. Ein Nest, welches auf einer in einem Birkenwald gelegenen Blöße gefunden wurde, war hauptsächlich aus Teilchen von trockenen Birkenblättern, sowie aus trockenen Grashalmen aufgebaut. Ein Nest, welches auf einer Waldwiese, in einem aus Kiefern und Birken gemischten Bestande verfertigt worden war, bestand hauptsächlich aus Moos und trockenem Grase, u. s. w.

Es versteht sich natürlich von selbst, daß eine derartige Zusammensetzung des Materiales, aus welchem das Nest besteht, den passendsten Schutz dieses letzteren bildet; das Nest wird durch sein Schutzdach vor den Blicken derer bewahrt, für welche es im Interesse ihrer eigenen Zwecke und zum Schaden der Hummeln wünschenswert wäre, desselben ansichtig zu werden. Wir haben demnach einen der Schutzfärbung der Tiere analogen Fall vor uns. Der ganze Unterschied besteht darin, daß letztere durch die Auslese „zufällig“ fehlgehender morphologischer Merkmale zu stande gekommen ist, hier dagegen durch die Auslese entsprechender Abweichungen des Instinktes. Bis zu welcher Vollkommenheit die Schutzfärbung des Hummelnestes ihren Zweck erreicht, ergibt sich unter anderem auch aus folgender Tatsache. Im Jahre 1901 fand ich auf etwa 12—15% diesjähriger Nester gegen 85% aus dem vorigen Jahre stammender Nester. Dieser Umstand erklärt sich natürlich dadurch, daß das Material des vorjährigen Nestes sich den Herbst, Winter und Frühling hindurch verändert und seine Farbe verloren hat, d. h. bis zu einem solchen Grade ausgebleichen ist, daß es nicht mehr geeignet ist, eine seiner wichtigsten Funktionen — das Nest vor dessen Feinden zu verbergen — auszuüben.

Im Jahre 1902 fand ich im Verlaufe der ersten Woche des Sommers 8 vorjährige Nester und kein einziges von dem betreffenden Jahre. Dies erklärt sich zum Teil natürlich auch dadurch, daß die vorjährigen Nester größer sind, da die Nester zum Herbst das Maximum ihres Umfanges erreichen, im Frühjahr dagegen nur klein sind; dieser Umstand spielt jedoch eine untergeordnete Rolle, während der Hauptgrund in der Eigenschaft des Materiales zu suchen ist, welches nur die frischen Nester an deren Fundorten vollständig maskiert.

Die außerordentliche Wichtigkeit der Endresultate der Arbeit wird hier, wie überall in der Natur, mit den allerminimalsten Mitteln erreicht. Die bemerkenswerte Zweckmäßigkeit in der Auswahl des Materiales für die obersten Schichten des Nestes wird nur dadurch erreicht, daß sie sozusagen ohne Wahl erfolgt, in viel primitiverer Weise, als dies für die unteren Schichten erforderlich ist. Ich bin daher vollständig davon überzeugt, daß trotz des scheinbaren „Scharfsinnes“ in der Wahl des Materiales für die obere Schicht des Nestes, die Differenzierung, d. h. die Vervollkommnung in der Auswahl des Materiales, nicht damals eintrat, als sich bei diesen Hummeln derjenige Instinkt, welcher sie während der Verfertigung jener den Beobachter durch ihre Zweckmäßigkeit in Erstaunen versetzenden Deck-

schicht des Nestes leitet, herausgearbeitet hat, sondern umgekehrt zu der Zeit, als sie mit der Verwendung besonderen Materiales für die basale, untere Schicht begannen. Die obere Schicht ist bei diesen Hummeln nicht das Produkt eines sekundären, sondern dasjenige eines ursprünglichen Instinktes, und stammt aus einer Zeit, wo Hummeln ihr Nest an der Oberfläche der Erde aus einem Materiale verfertigten, welches ohne Auswahl, so wie es sich neben dem Orte findet, wo das Nest angelegt wurde, gesammelt worden war. Es unterliegt keinem Zweifel, daß solch ein grobes, primitives Material das Nest von oben ausgezeichnet vor Feinden schützte, von unten aber nur ungenügend. Die Differenzierung des Materiales, eine Folge der Vervollkommnung der betreffenden Schicht des Nestes, ist später aufgetreten und diese Schicht selbst, nicht aber die obere, bildet demnach natürlich das Resultat einer progressiven Vervollkommnung in dem Materiale des Baues.

Nach dem oben Gesagten versteht es sich von selbst, daß ungewöhnliche Gegenstände, die in der oberen Schicht des Nestes bisweilen enthalten sind, nicht als Beweis dafür dienen können, daß die Hummeln, durch Überlegung geleitet, das Material für das Nest wechseln, indem sie demselben neue, passendere Gegenstände hinzufügen; — eine Ansicht, die von den Vertretern der alten tierpsychologischen Schule, dem großen Darwin, dem berühmten Wallace und nach ihnen einer langen Reihe mehr oder weniger glücklicher Nachfolger ausgesprochen wird.

Romanes z. B. erzählt (nach Worten anderer, wie dies meist geschieht), daß Hummeln in der Nähe menschlicher Wohnstätten anfangen, Fäden von Baumwollengewebe als Material zu ihren Bauten zu verwenden; dieser Umstand veranlaßt den Autor zu der Schlußfolgerung, daß die Baukunst der Hummeln fortschreite,¹ und zwar nicht einfach, sondern bewußt fortschreite: die Hummeln wählen Neues, Besseres.

Das Studium der Hummelnester zeigt uns mit völliger Klarheit das Unsinnige dieser Vermutung: von allem anderen abgesehen, genügt es darauf hinzuweisen, daß die Hummeln, falls sie sich von den Erwägungen leiten ließen, welche ihnen von diesen oder jenen Autoren zugeschrieben werden, ihre Arbeit, wie dies aus dem oben Gesagten von selbst hervorgeht, immer schlechter und schlechter, d. h. immer weniger zweckmäßig ausführen würden.

Ich fand in der oberen Schicht eines Nestes von *Bombus muscorum* ein Stückchen von der Haut einer Kreuzotter, welches bei der Häutung abgeworfen worden war; es wäre interessant, zu wissen, wie Romanes dieses Baumaterial qualifiziert haben würde: im Sinne eines Fortschrittes oder in demjenigen eines Rückschrittes des Instinktes? Die Tatsachen lehren uns, daß in diesem Falle weder die eine noch die andere dieser Erscheinungen vorliegt, sondern die gewohnte Erscheinung, daß für die Deckschicht jedes beliebige zur Hand befindliche Material soweit verwendet wird, als dies ohne Auswahl zulässig ist.

Ich besitze ein Nest von *Bombus lapidarius*, dessen umfangreiche Wachsdecke mit Schichten von verschiedenen Materialien bedeckt wurde, welche ich den Hummeln vorlegte: zuerst dünne, trockene, graugefärbte Grashalme, darauf in kleine Stücke zerschnittenes Fließ-

¹ Diesen Gedanken entlehnte Romanes bei Wallace, welcher denselben in Bezug auf das Material der Vogelnester mitteilte; dieser Gedanke ist, in Wahrheit gesagt, einer der mißlungensten von allen, welche dieser hervorragende Gelehrte jemals ausgesprochen hat. Siehe meine Arbeit: Die Stadtschwalbe (*Chelidon urbica*), ihre Industrie und ihr Leben, als Material für die vergleichende Psychologie. Mém. Acad. Sciences St. Pétersbourg, T. X, No. 6, 1900.

papier von roter Farbe und hierauf Moospartikelchen; zum Schlusse, als ich aufgehört hatte, den Hummeln Material zur Bedeckung des Nestes anzubieten, zerrupften sie alle neben dem Neste liegenden Wabenzellen und brachten das auf diese Art gewonnene lose Gewebe in der gewohnten Weise auf dem Deckel des Nestes an.

Abweichungen in der Auswahl des Materiales sind natürlich möglich, aber erstens sind sie nicht durch die Fälle von Einschließung eines Stückchens Zeitungspapier oder schwarzer und weißer Fäden u. s. w. in das Baumaterial repräsentiert, welche nichts beweisen, obgleich die Beschreibungen solcher Fälle von mehr oder weniger umfangreichen Betrachtungen der Autoren über die Verständigkeit der betreffenden Tiere begleitet zu sein pflegen, und zweitens sind diese Abweichungen außerordentlich selten.

Im Verlaufe meiner vieljährigen Beobachtungen der Hummeln habe ich nur ein einziges Mal eine Abweichung von der üblichen Auswahl des Materiales für die Deckschicht eines Hummelnestes beobachtet. Ich habe oben gesagt, daß das Material für das Nest entweder als an Ort und Stelle vorgefunden oder als herbeigetragen betrachtet werden kann, wobei das Material in den Fällen, wo es die oberste Schicht eines offenen Nestes bildet, stets ein vorgefundenes ist, so daß es das Nest in dessen Umgebung vorzüglich maskiert.

Einmal jedoch fand ich in einem Waldgraben ein ausgezeichnet ausgeführtes, großes Nest (von 20×34 cm Durchmesser), welches, obgleich ganz fertiggestellt, dennoch ganz leer war und keinerlei Anzeichen des Bewohntseins aufwies, und welches sich scharf von den dasselbe umgebenden Gegenständen abhob. Der Graben war dicht mit trockenem vorjährigem Laube ausgekleidet, in welchem hier und da grüner Graswuchs zu sehen war. Moos war in der Nähe äußerst spärlich vertreten und doch bestand die Deckschicht des Nestes fast ausschließlich aus solchem, so daß das Nest sich von der Umgebung scharf abhob und von weitem in die Augen fiel. Das gesamte Material war augenscheinlich herbeigetragen und speziell zu diesem Zwecke ausgesucht worden. Unstreitig liegt hier eine Abweichung des Instinktes vor und ebensowenig kann bestritten werden, daß diese Abweichung eine mißlungene ist; hierdurch läßt sich natürlich auch der Umstand erklären, daß das Nest noch vor der Eiablage, sofort nach Beendigung des Baues, von dem Weibchen aufgegeben wurde. Es war von irgend einem Feinde der Hummeln bedroht worden, wobei das Weibchen entweder Zeit fand, sich in Sicherheit zu bringen, oder aber noch vor der Eiablage vernichtet wurde.

Natürlich unterliegt es keinem Zweifel, daß derartige Abweichungen auch in einer für die Hummeln günstigen Richtung möglich sind und sie werden in diesem Falle, wie auch andere analoge Abweichungen, unter den Schutz der Auslese gelangen können.

Der erwähnte Fall ist unter anderem auch in der Hinsicht von Interesse, als er ein anschauliches Beispiel dafür bietet, welche ungeheuer großen Umfang die Folgen der Abänderung irgend eines Instinktes annehmen können: die Hummel begann, statt das direkt neben dem Neste liegende Material aufzunehmen, dasselbe von solchen Stellen zu holen, welche in der weiteren Umgebung des Nestes liegen, und die Folge davon war die, daß die gesamte Physiognomie des Nestes, ja die ganze Bedeutung des Baues mit einem Male verschwunden ist; es entstand etwas völlig Neues, in diesem Falle Mißlungenes, und die Auslese „hat der fehlgegangenen Abweichung in deren Entstehung ein Ende gemacht“.

Wir haben noch die psychologische Bedeutung der soeben von uns besprochenen Tätigkeit der Hummeln zu berücksichtigen. Bewertet man die oben mitgeteilten Tatsachen von diesem Gesichtspunkte aus, so ergibt sich in erster Linie, daß bei den Hummelweibchen — selbst in denjenigen Fällen, wo die Auswahl des Materiales die höchste Stufe der Komplikation und Vollkommenheit erreicht (oberirdische Nester), — diese Auswahl ihrem Wesen nach eine durchaus schwankende sein kann. So wird ein im Walde ausgeschlüpftes Weibchen von *B. muscorum*, dessen Wiege aus trockenen Blättern bestand, sein Nest in einer Tenne — aus Stroh, an schattigen Stellen des Waldes — nur aus Moos allein verfertigen, u. s. w.

Aus diesem Umstande folgt, daß hier keinerlei „Wählen“ des Materiales in dem Sinne, wie wir ihn für Fälle bewußter Tätigkeit verstehen, stattfindet noch stattfinden kann: das „Wählen“ erfolgt bei den Hummeln ohne Vergleichung, da ja das Weibchen, indem es nur ein einziges Mal in seinem Leben ein Nest anlegt, das Material mit nichts vergleichen kann. Die Auswahl erfolgt auch ohne „Vorziehen“ eines Materiales vor einem anderen, da z. B. das an dem einen Orte (da wo es vorwiegt) verwandte Blatt an einem anderen Orte, wo Stroh oder Moos vorwiegt, nicht vorgezogen werden wird; hieraus folgt wiederum, daß an jedem neuen Orte einem neuen Materiale der Vorzug gegeben wird, oder mit anderen Worten, daß ein Baustoff einem anderen nicht als Material, sondern auf Grund von Eigenschaften, die zum Begriffe „Material“ keinerlei Beziehungen haben, vorgezogen wird.

Der Instinkt „in der Auswahl des Materiales“ repräsentiert demnach die Reaktionsfähigkeit der Hummeln bei dem Vorhandensein bestimmter innerer Antriebe, — nicht etwa auf solche Gegenstände der Umgebung, welche bestimmte Eigenschaften, Aussehen oder Form besitzen — sondern auf solche, welche sich an einem bestimmten Orte vorfinden und einer bestimmten Arbeit bestimmter Organe jeder betreffenden Hummelart entsprechen. Auf der höchsten Stufe der Komplikation, wo die Auswahl des Materiales differenziert ist und uns durch die scheinbare Tiefe des Kombinationsvermögens der Arbeiterinnen überrascht, erweist sich dieser Instinkt als ein zweifacher: Im Anfange der Arbeit ist das Material von bestimmter Größe und bestimmtem Umfange, sodann aber wird die Arbeit in anderer Weise fortgesetzt, und das nunmehr herbeigetrugene Material wird in folgedessen seiner Größe und seiner Art nach auch ein anderes sein.

C. Die Architektur des Nestes.

Inhalt des Abschnittes: 1) Die Architektur des äußeren Nestes

a) bei den oberirdischen Hummeln:

Die allgemeine Gestalt des Nestes; seine Größe. Einrichtung des Nestes und die Teile desselben. Die Rolle des Lichtes bei dem Baue des Nestes; die Analogie zwischen dieser Rolle und derjenigen, welche das Licht beim Nestbau der Spinnen spielt. Die Psychologie der Tätigkeit der Hummeln bei der Anlage des Nestes.

b) Bei den unterirdischen Hummeln:

Die Teile des Nestes und deren Entstehung. Die Tiefe des Nestes.

2) Die Architektur des inneren Nestes.

Die vegetabilische Schicht dieses Nestes und ihre biologische Rolle. Das Schwanken in diesem Teile der Architektur der Bauten. Die aus Wachs bestehenden Teile des Baues, welche bei der Anlage des Nestes von dem Weibchen verfertigt werden. Das Flugloch. Die Abweichung des Instinktes in der Architektur des Nestes.

In den Nestern der Hummeln lassen sich folgende zwei Teile scharf unterscheiden: Erstens das äußere Nest, zu dessen Bestande das darin angebrachte Flugloch gehört, und

zweitens das innere Nest, in welchem ich folgende Bestandteile unterscheide: die Wandung, welche teils aus vegetabilischen Substanzen, teils aus Wachs besteht, und die Waben.

Wir wollen hier ein jedes dieser Architekturelemente einzeln besprechen, mit Ausnahme des letzten — der Waben —, da diese ihren Ursprung nicht dem Weibchen allein, sondern zum Teile den Larven, zum Teile erwachsenen Hummeln verdanken, und ihre Herstellung daher nicht in die Gruppe der solitären, sondern in diejenige der sogen. sozialen Instinkte gehört.

1) Die Architektur des äusseren Nestes der Hummeln.

Die komplizierteste Zusammensetzung und die höchste Vollkommenheit des äusseren Nestes finden wir bei denjenigen Hummeln, welche ihre Nester an der Oberfläche der Erde anlegen, die geringste Vollkommenheit bei den unter der Erde nistenden Hummeln.

Berücksichtigen wir jedoch die Reihenfolge in der Phylogenie, so werden wir nicht mit den letzteren, sondern mit den ersteren beginnen müssen; der Grund hierfür wird seinerzeit mitgeteilt werden.

a) Die Architektur des äusseren Nestes bei den oberirdischen Hummeln.

Die allgemeine Gestalt des Nestes zeigt eine kleine Erhöhung über dem Boden, deren Umfang an der Basis einen Durchmesser von ca. 13—22 cm besitzt.

In Fig. 13 sehen wir schematische Darstellungen der Nester von *B. muscorum*, welche uns auf eine lehrreiche Korrelation zwischen der Höhe des Nestes und dem Durchmesser seiner Basis hinweisen (Nester B u. A): je höher nämlich das Nest ist, desto geringer ist der Durchmesser seiner Basis und umgekehrt. Das Weibchen verwendet auf die Anlegung des Nestes ein bestimmtes Quantum von Kraft und Material; sobald dieses Quantum verausgabt ist, beendet das Weibchen sein Werk.

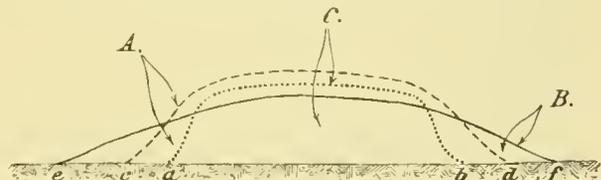


Fig 13 Konturen dreier oberirdischer Nester von *Bombus muscorum*. A. Kontur des Nestes c—d; B. Kontur des Nestes e—f; C. Kontur des Nestes a—b.

Es ist ebenso schwierig zu sagen, wodurch sich der Baumeister bei der Bestimmung des Momentes für die Beendigung der Arbeit leiten läßt, wie es schwierig ist, zu sagen, wodurch sich eine Wespe leiten läßt, welche Honig in eine von dem Beobachter unten angebohrte Zelle einträgt, so daß der Honig herausfließt, und dennoch nach einer bestimmten Anzahl von Ausflügen nach Nahrung ein Ei in die leere Zelle ablegt und die letztere verschließt, als hätte sie ihr Werk in richtiger Weise ausgeführt. Dieselben Gründe, von welchen sich die Wespe leiten läßt, nachdem sie ein bestimmtes Quantum von Kraft angewendet und eine bestimmte Muskelarbeit geleistet hat, ohne die geringste Vorstellung davon zu haben, inwieweit dieser Kraftaufwand der Bestimmung des ausgeführten Werkes entspricht, — eben diese selben Gründe dienen augenscheinlich auch der Hummel als Richtschnur in ihrem Tun.

Es ist klar, daß, wenn bei einem bestimmten Aufwand von Kräften die Höhe des

Nestes nur ein bestimmtes Verhältnis zu dessen Basis haben kann, bei einer Vergrößerung dieser Basis die Höhe des Nestes bei demselben Kraftaufwande geringer sein muß.

Die schematische Fig. 13 gibt in C die Umriss eines Nestes wieder, welches gleichsam eine Ausnahme von der Regel bildet. Es ist jedoch unschwer zu ersehen, daß dieses Nest überhaupt kleiner ist, als die Nester A u. B; und so läßt sich dieser Fall wohl durch den Umstand erklären, daß die Kräfte des Weibchens augenscheinlich geringer waren; als Regel bleibt jedoch die angegebene Relation unzweifelhaft bestehen.

Abweichungen von der regelmäßigen Nestform sind stets eine Folge besonderer örtlicher Bedingungen, welche das Weibchen verhindern, die Arbeit in gehöriger Weise auszuführen; sie sind meistens nicht sehr bedeutend. Die Grenzwerte der Schwankungen können aus den nachstehenden Verhältnissen des größten Durchmessers (gr. d.) zu dem kleinsten (kl. d.) bei *B. muscorum* festgestellt werden:

gr. d.	kl. d.
17 cm	14 cm
16 cm	15 cm
34 cm	20 cm

Im Profil zeigt das Nest die Gestalt eines kleinen Hügelchens, dessen Ränder je nach der Art der Hummeln mehr oder weniger stark gewölbt sind. Bei *B. lapidarius* verlaufen die Seiten des Nestes ziemlich flach zum Boden hin, während sie bei *B. muscorum* sehr stark gewölbt sind. Die Kuppel selbst kann mehr oder weniger gewölbt sein. Im übrigen können auch hier sehr bedeutende Schwankungen auftreten.

Die Größe des Nestes ist sowohl je nach den Arten, als auch innerhalb der Grenzen einer Art eine verschiedene. Was die Arten betrifft, so ist das Nest um so größer, je größer die das Nest bewohnenden Hummeln sind. Das kleinste aller mir zu Gesicht gekommenen Nester gehört *B. muscorum* an.

Was die Größe des Nestes innerhalb einer Art betrifft, so haben wir es hier mit einem sehr bedeutenden Schwankungen unterworfenen Architekturelemente zu tun. In nachstehender Tabelle sind z. B. die Dimensionen von den 4 ersten im Jahre 1902 aufgefundenen Nestern von *B. lapidarius* in Centimetern mitgeteilt:

No.	Äusseres Nest			Inneres Nest			Wachsdeckel mit Waben			Bemerkungen.
	Länge	Breite	Höhe	Länge	Breite	Höhe	Länge	Breite	Höhe	
1	20	20	$\frac{7}{4}$	8	8	8	4	$3\frac{1}{4}$	3	* — über der Erdoberfläche. ** — Tiefe der Grube Die ganze Höhe des Nestes ist demnach gleich der Summe der beiden Werte.
2	30	20	7	4	4	4	3	$3\frac{2}{3}$	$3\frac{2}{3}$	
3	10	10	$\frac{4}{5}$	$4\frac{1}{5}$	$4\frac{1}{5}$	$4\frac{1}{5}$	4	$4\frac{2}{3}$	$4\frac{2}{3}$	
4	12	11	$\frac{4}{2}$	$5\frac{4}{5}$	$4\frac{4}{5}$	$4\frac{1}{5}$	$5\frac{1}{5}$	4	$4\frac{2}{3}$	

Zu diesen Zahlen muß noch bemerkt werden, daß die betreffenden Messungen ungefähr zur gleichen Zeit (im Verlaufe von 2—3 Tagen) ausgeführt wurden, sowie daß die erhaltenen Zahlen in keinerlei Verhältnis zur Größe der Familie stehen. Die größte Familie von allen Nestern, deren Dimensionen oben mitgeteilt wurden, gehörte der Nr. 3, d. h. dem seinem Umfange nach allerkleinsten Neste an (die Familie bestand hier aus mindestens 15—20 Individuen). Die kleinsten Familien ($\text{♀} + 4-5 \text{ ♂}$) beziehen sich auf die Nester Nr. 1 und Nr. 2, d. h. die allergrößten, wobei Nr. 1 außerdem noch das vollkommenste aller mir zur Verfügung stehenden Nester darstellte.

Nach diesen Bemerkungen allgemeiner Natur wollen wir nunmehr zu der eingehenden Betrachtung jener Elemente der Nestarchitektur übergehen, auf welche ich oben hingewiesen habe.

Einrichtung des Nestes.

Das oberirdische Nest hat die Gestalt eines Sackes (Fig. 14, N. e.) mit ungleichmäßig dicken Wandungen, wobei p. ext. den äußeren (oberen), dickeren und p. inf. den unteren Teil des Nestes bezeichnet. Dieser letztere, dünnere Teil des Sackes ist der Erde zugewendet und bildet die basale Schicht des Nestes, auf welcher das innere Nest (Fig. 14, N. i.) ruht. Das Material, aus welchem das äußere Nest gebildet wird, ist nicht einfach zu einem Haufen zusammengelegt: die Grashalme, Blättchen und andere Gegenstände, aus welchen dieser Teil des Nestes zusammengesetzt ist, werden von den Hummeln mit Hilfe der Beine und Kiefern so dicht untereinander verfilzt, daß nur wenige aus dem Neste entfernt werden können, ohne daß andere berührt oder gar mit herausgezogen werden. Dieses Verfilzen erfolgt sowohl während des Heranziehens des Materiales zum Neste als auch dann, wenn das Material sich bereits auf dem Neste selbst befindet. Das äußere Nest umhüllt das innere gleichmäßig von oben her und von den Seiten.

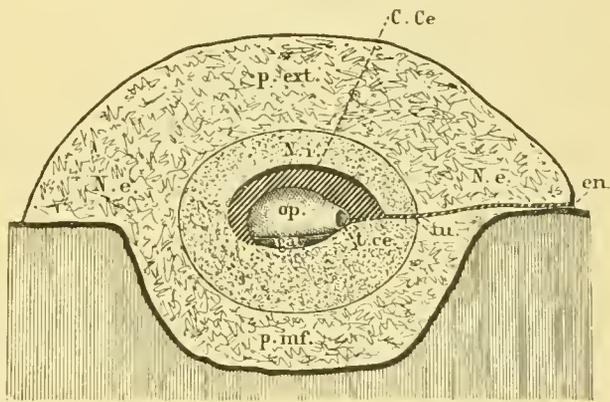


Fig. 14. N. e. — äußeres Nest; p. inf. — dessen untere Schicht; N. i. — inneres Nest; ga — die erste Wabe; op. — der die Wabe umhüllende Wachsdeckel (Kappe); t. ce. — kurzer, aus Wachs gefertigter Gang zu den Waben; tu. — Gang in das Innere des Nestes; en — Eingangsöffnung (Flugloch); C. ce. — Wachsdeckel über der Höhlung inneren Nestes.

Im Mittelpunkte des inneren Nestes (N. i.) befindet sich die erste Wabe (ga), über welcher sich ein sorgfältig aus Wachs gefertigtes kappenförmiges Gewölbe (op) erhebt, welches die Wabe allseitig (mit Ausnahme von deren Unterseite) umhüllt. In die Höhlung dieser Kappe führt ein kurzer, aus Wachs gefertigter Gang (t. ce.), durch welchen das Weibchen, in dieser Periode die alleinige Bewohnerin des Nestes, zu ihren Puppen gelangt, wo sie oft tagelang ununterbrochen verweilt, indem sie sich während dieser Zeit von dem durch sie angelegten Honigvorrat ernährt. Eine derartige besondere Wachshülle über den Waben habe ich nur bei *B. lapidarius*, nie aber bei den übrigen Hummeln beobachtet.

Ich habe Nester gefunden, in welchen die ersten Waben von einer vegetabilischen Hülle des inneren Nestes umgeben waren, während die Decke nur von einer kleinen Wachs-

platte gebildet wurde; bisweilen war die Decke aus demselben vegetabilischen Materiale gefertigt, wie der übrige Teil des inneren Nestes, und nur hier und da mit Wachs befestigt.

Nicht bei allen Hummeln besitzen jedoch die Nester eine so reguläre Gestalt und ein so regelmäßiges gegenseitiges Verhältnis der einzelnen Teile zueinander, wie dies in der Fig. 14 angegeben ist. Bisweilen finden wir bei derselben Art *B. lapidarius*, daß die vegetabilische Schicht des inneren Nestes entweder unvollständig ist (Fig. 15, N. i.), oder aber fast ganz fehlt, indem sie an der Decke und auf den Seiten so dünn ist, daß ihre Stärke kaum den achten Teil eines Centimeters beträgt. Bisweilen zeigt der Bau des Nestes ein Aussehen, wie es in Fig. 16 dargestellt ist: das Flugloch *o*, des Nestes ist nicht seitlich, wie dies gewöhnlich der Fall ist, angebracht, sondern oben am Neste und zwar so, daß durch seine weite Öffnung die Wabenmasse zu sehen ist.

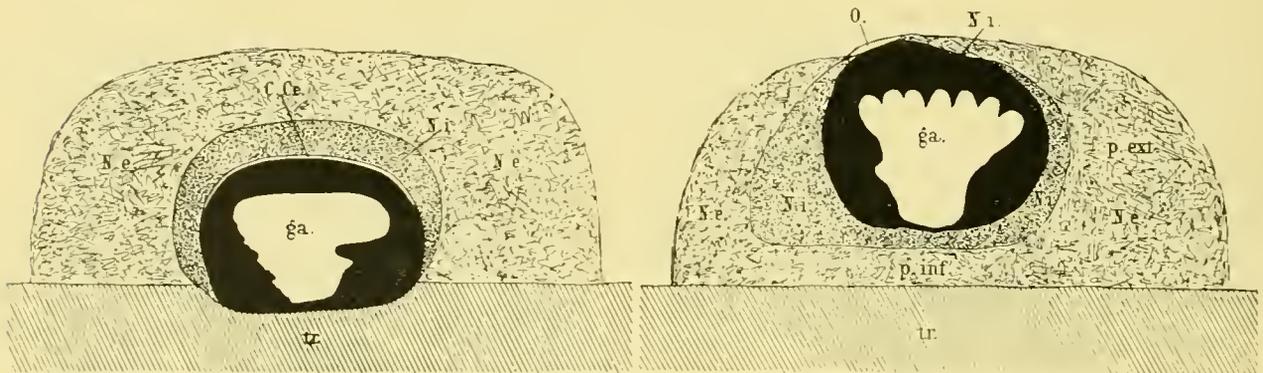


Fig. 15.

Fig. 16.

Erklärung der Buchstabenbezeichnungen wie bei Fig. 14.

Es ist selbstverständlich, daß auch das innere Nest unter solchen Umständen eine andere Einrichtung besitzt, als wir sie gewöhnlich sehen.

Es kommen auch scheinbare Abweichungen anderer Art vor. In jenen Fällen, z. B., wo sich neben dem Neste irgend ein fester Gegenstand, — ein Baum oder ein Stein — befindet, erweist sich die äußere Schicht an der Seite dieser Gegenstände dünner, als auf ihrer gesamten übrigen Ausdehnung; wird das Nest von zwei Seiten eingeengt, so erweist sich die äußere Schicht an zwei Stellen als dünner und diese Abweichung von der Regel stört die Hummeln nicht im mindesten. Die Fig. 17 B und C, wo N das äußere Nest, m. + g. die Wabenmasse des inneren Nestes, O die außerhalb gelegenen Gegenstände, welche die regelrechte Anlage des Nestes verhindern, bezeichnen, veranschaulichen das oben Dargelegte in vorzüglicher Weise, und erinnern gleichzeitig merkwürdig an die analoge Tätigkeit bei der Anlage des Nestes sowohl bei gewissen anderen Insekten, als auch bei den Spinnen.

Zerstört man bei diesen das aus Spinnweben gefertigte Lager oder Nest, so verstopfen die Spinnen die beschädigte Stelle mit einer Schicht von gleicher Dicke wie die ursprüngliche, wobei sie sich, wie ich dies seinerzeit nachgewiesen habe, ausschließlich durch das Licht leiten lassen.¹ Dafür, daß dies wirklich der Fall ist, habe ich eine Reihe von Beweisen angeführt, wobei ich u. a. auf *Attus cupreus* hingewiesen habe, welcher sich ein Nest aus Gewebe von verschiedener Dicke anlegt, und zwar eben in Abhängigkeit

¹ Siehe „L'Industrie des Araneina.“

davon, wo und wie das Spinngewebe des Nestes den benachbarten Gegenständen anliegt, oder mit anderen Worten in Abhängigkeit davon, wo und wie das Licht in das letztere eindringen kann. In Fig. 18 sind drei Nester aus Spinngewebe von verschiedener Dicke wiedergegeben. Das Nest A befindet sich zwischen der Baumrinde ob und dem Holze ob₁; infolgedessen fällt das Licht auf das Nest Coc nur von den Seiten b—b₁; an diesen Stellen nun erweisen sich die Schichten von Spinngewebe als am dicksten, während da, wo das Nest sich an für das Licht undurchlässige Gegenstände anlehnt, die Gewebeschicht dünn ist. Die Zeichnungen B und C zeigen uns, wie die Mächtigkeit der Schicht des Netzes immer mehr zunimmt, je kleiner der von der Baumrinde (ob) verdeckte Teil desselben wird.¹

Bringt man nunmehr das Dickenverhältnis dieser Zeichnungen (Fig. 18) auf den Maßstab der Fig. 17 (A, B, C) oder umgekehrt, so erhält man völlig identische Bilder.

Die oben beschriebenen Erscheinungen sowie die daraus gezogenen Schlußfolgerungen verdienen meiner Ansicht nach Interesse, da sie neues Licht auf den psychologischen Charakter der hier zu besprechenden Tätigkeit werfen: sowohl die Nester der Spinnen, als auch das äußere Nest der oberirdischen Hummeln erscheinen in Gestalt eines Sackes, bei welchem die ungleichmäßige Dicke der Wandungen durch eine bestimmte Reaktion des Baumeisters auf das Sonnenlicht bedingt wird. Der tiefere, dem das Nest erbauenden Architekten zweifelsohne verborgen gebliebene Sinn dieser instinktiven Reaktion besteht natürlich darin, daß da, wo das Licht stärker als notwendig hindurchdringt, der Schutz des Nestes augenscheinlich noch nicht mit genügender Solidität ausgeführt worden ist; liegt daher irgend eine Seite der Hummel- oder Spinnennester einem für das Licht undurchlässigen Gegenstande unmittelbar an, so wird die mit dem Gegenstande in Berührung stehende Wandung des Nestes stets dünner ausgeführt werden und zwar bisweilen in sehr bedeutendem Maße.

Es fragt sich nun, wodurch sich in dieser Hinsicht die Psychologie des Hummelbaumeisters von derjenigen des Spinnenbaumeisters unterscheidet?

Mit Sicherheit kann man sagen, daß beide sich durch nichts unterscheiden, da beide, sowohl diese wie jene, durchaus instinktiv sind, weder einer Erlernung noch einer Erfahrung seitens der Baumeister bedürfen und Reaktionen auf analoge Empfänglichkeit für analoge Reize darstellen.

Was die Spinnen betrifft, so verweise ich den Leser bezüglich der Belege für die Richtigkeit dieser meiner Behauptung auf mein Werk „L'Industrie des Araneina“; was jedoch die Hummeln angeht, so will ich die Frage dadurch beantworten, daß ich auf nachstehende Tatsachen hinweise.

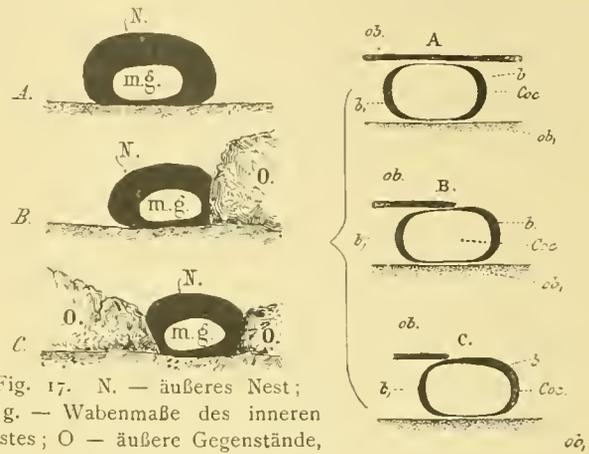


Fig. 17. N. — äußeres Nest; m. g. — Wabenmaße des inneren Nestes; O — äußere Gegenstände, welche die regelmäßige Anlage des Nestes verhindern.

Fig. 18.

¹ Genau dieselben Erscheinungen sehen wir auch bei *Theridium lineatum* (Ibid. Pl. IV, Fig. 201 B) und bei vielen anderen Spinnen.

Die überwinterten Weibchen bauen ihre Nester im Frühjahr; die jungen Weibchen schlüpfen gegen das Ende des Sommers aus. Wie konnten nun diese letzteren Kenntnisse im Nestbau erlangen, da sie doch weder gesehen hatten, wie ein Nest gebaut, noch wie es ausgebessert wird? Woher konnten sie Erfahrung gewinnen, da doch die ungeheure Mehrzahl aller Weibchen sich nur ein einziges Mal in ihrem Leben ein Nest baut? Die Annahme, das Weibchen sei schon dadurch, daß es in einem fertigen Neste lebt, befähigt, dessen Architektur und Einrichtung kennen zu lernen, wäre absurd.

Denn während seines Lebens im fertigen Neste könnte das Weibchen nur dasjenige in der Erinnerung behalten und dementsprechend im gegebenen Momente natürlich nur dasjenige ausführen, was seinem Erfassungsvermögen auf irgend welche Weise zugänglich werden konnte, d. h. die allgemeine Form des Nestes, dessen oberflächliche Schicht samt der Zusammensetzung des Materiales, aus welchem sie besteht, die der äußeren Schicht anliegende Schicht des inneren Nestes, die allgemeine Gestalt dieses letzteren und den darunter befindlichen Teil der basalen Schicht. Die Verteilung des Materiales in der Masse des äußeren Nestes, den Plan und die Ausführung der Arbeiten u. s. w. kann das Weibchen dagegen nicht kennen, da es in die erstere nie hineingelangt, bei den letzteren nicht zugegen ist. Dabei erweist sich aber, daß es gerade dasjenige ausführt, was es nicht kennen kann und was es nie gesehen hat, während es gerade dasjenige, was es gesehen hat, nicht reproduziert.

Das Weibchen sieht nämlich die allgemeine Gestalt des Nestes, allein es sieht dasselbe anders, als wie es von dem Mutterweibchen angelegt wurde und als es selbst es seinerzeit ausführen wird, indem die ursprüngliche Gestalt des Nestes durch die Arbeitshummeln mit der Zeit abgeändert wird; anfänglich flach und abschüssig angelegt, kann das Nest zur Zeit des Auskriechens der jungen Weibchen aus den Zellen hoch und gewölbt werden. Hierdurch wird natürlich auch der Umstand erklärt, daß es im Frühjahr und im Frühsommer schwerer ist, ein Hummelnest zu finden, als gegen das Ende des Sommers hin; im Frühjahr ist das Nest kleiner, als es Ende Juni und im Juli sein wird, wo es von den Arbeiterinnen überbaut worden ist. Der Ausbau erfolgt aus dem Grunde, weil mit der allmählichen Vergrößerung der Waben, wie wir sehen werden, auch eine allmähliche Vergrößerung des inneren Nestes vor sich geht, und mit der Ausdehnung dieses letzteren das äußere Nest sich auseinanderschiebt und die Kuppel anfängt durchscheinend zu werden; das Licht reizt die Arbeiterinnen, welche die Lücken mit dem in der Nähe liegenden Materiale ausbessern — und das Nest wächst, indem es seine Gestalt immer mehr und mehr verändert. Hieraus geht hervor, daß junge Weibchen, welche am 1. Juli ihre Zelle verlassen, in der oberflächlichen Schicht des äußeren Nestes dasjenige Material und diejenige Anordnung desselben erblicken, wie es von den Arbeiterinnen gesammelt und angeordnet wurde, während sie selbst ihr Nest im kommenden Frühjahr anders und aus anderem Materiale erbauen werden, selbst dann, wenn sie ihren Bau an derselben Stelle anlegen würden, wo sie das Licht der Welt erblickt haben.

Das Weibchen sieht die dem äußeren Neste anliegende Schicht des inneren Nestes nicht, und legt dieselbe durchaus nicht in derselben Weise an, wie dies von den Arbeitern zu der Zeit geschieht, wo die jungen Weibchen zur Welt kommen.

Das Weibchen sieht die allgemeine Form des inneren Nestes am Ende des Sommers,

verfertigt sie aber so, wie sie am Anfange des Sommers zu sein pflegt, d. h. so wie sie es niemals gesehen hat, indem die Gestalt des inneren Nestes sich unaufhörlich verändert und am Ende des Sommers durchaus von dem verschieden ist, was es am Anfange desselben gewesen ist, u. dergl. m.

Andererseits befolgt das Weibchen genau den Plan in der Anordnung der Schichten des Nestes und führt gerade diejenigen Einzelheiten des Baues in vollkommener Weise aus, welche es niemals zu Gesichte bekommen hat.

b) Die Architektur des äußeren Nestes bei den unterirdischen Hummeln.

Ich habe bereits erwähnt, daß bei den Hummeln, welche ihr Nest unter der Erde bauen, dessen äußerer Teil viel einfacher eingerichtet ist, als bei den oberirdisch bauenden Hummeln. Die Höhlung, welche von den Hummeln unter der Erde für den Bau des Nestes angelegt wird und deren Wandungen eigentlich das äußere Nest repräsentieren, erreicht bis zu 18 cm im Durchmesser; diese Höhlung wird sehr regelmäßig und sorgfältig angelegt. Ein Flugloch, welches bei den oberirdisch bauenden Hummeln einen Bestandteil des Nestes ausmacht, wird hier gar nicht angebracht (im inneren Neste dagegen ist ein solches vorhanden); es wird hier durch das fertig vorgefundene Mäuseloch dargestellt, in dessen Verlaufe die Hummel in einer gewissen Tiefe ihr Nest angelegt haben. In einigen Fällen dient übrigens ein von dem Weibchen selbst angelegter Gang als Flugloch; ich habe dies in denjenigen Fällen konstatiert, wo das Nest an dem Überwinterungsorte des Weibchens angelegt wurde. Solche Nester habe ich bei *B. lapidarius* beobachtet.

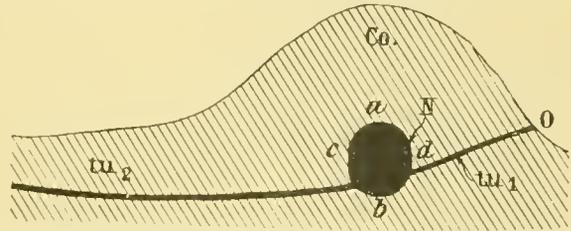


Fig. 19. Co. — Erdhügel; N — Nest von *Bombus terrestris*; O — Flugloch; tu₁ — Abschnitt des Mäuseloches, der von den Hummeln in den Gang zum Nest verwandelt wurde; tu₂ — Abschnitt des Mäuseloches, der von den Hummeln nicht verwendet wurde; a—b Höhe, c—d Breite des Nestes.

In folgendem gebe ich die Beschreibung des Nestes von *B. terrestris*, dessen Architektur in allgemeinen Zügen in der Fig. 19 dargestellt ist. o bezeichnet die Eintrittsöffnung des Nestes, welche gleichzeitig als Eingangs- und vielleicht auch als Ausgangsöffnung für den Mäusebau (tu₁ und tu₂) gedient hat, dessen sich die Hummel zur Anlage ihres Nestes auf eine gewisse Ausdehnung vom Eingange an gerechnet bedient hat, und zwar unmittelbar unter dem Gipfel des Hümpels (Co), in einer Tiefe von 27 cm. Dieses Nest besitzt, wenn die Hummelfamilie ihre volle Entwicklung erreicht hat, die Gestalt einer fast regulären Kugel *abcd*. Die Erdarbeiten sind, was ihre Ausführung betrifft, von tadelloser Qualität; die Wände sind fast ganz glatt und vollständig gleichmäßig abgerundet.

Die Tiefe, in welcher die Nester dieser Hummeln angelegt werden, schwankt von 14 bis 68 cm. Tiefen, welche diese Grenzen überschreiten, habe ich nie angetroffen. Diese Schwankungen sind die Folge davon, daß die Hummeln den Neigungen der Mäuselöcher folgen; der Unterschied in dieser Hinsicht beruht, wie ich bereits weiter oben bemerkt habe, nur darauf, daß die einen Arten Gänge mit stärkerer Neigung, andere Arten solche mit geringerer Neigung bevorzugen.

Die Schwankungen, welche wir in der Größe der Nester selbst beobachten, zeigen einen Charakter von anderer Art, als ich dies für die Nester der oberirdisch bauenden Hummeln angegeben habe: dort treten diese Variationen als eine Folge von Schwankungen des Instinktes des bauenden Weibchens auf, während hier die Größe der Höhlung der Größe der Familie entspricht und mit der Zunahme dieser letzteren ebenfalls wächst. Ende Juni fand ich ein Nest im ersten Stadium der Entwicklung: dasselbe enthielt etwa 10—15 Arbeiterinnen, sowie einen großen Haufen Zellen mit Puppen. Die Größe des Nestes entsprach genau der Größe dieses Haufens plus einem für die ungehinderte Zirkulation der Nestbewohner um diesen Haufen herum notwendigen Zwischenraum. Bei sehr großen Familien von *B. terrestris* sind die Nester sehr umfangreich; bei Familien derselben Art oder anderer, unterirdische Nester bauender Arten, welche noch weniger zahlreich sind, als die oben angegebene, ist der Umfang des Nestes kleiner. Diese Tatsachen veranlassen mich zu der Vermutung, daß die unterirdischen Nester nicht auf einmal fertiggestellt werden, und ihre endgültige Gestalt nicht dem Weibchen, sondern den Arbeiterinnen verdanken.

2) Die Architektur des inneren Nestes der Hummeln.

Das innere Nest besteht sowohl bei den oberirdischen als auch bei den unterirdischen Hummeln aus denselben Bestandteilen: der aus vegetabilischem Materiale erbauten Hülle und dem aus Wachs gefertigten, unmittelbar über den Waben befindlichen Deckel.

Die Hülle aus vegetabilischem Materiale. Der Boden, die Seitenwände und bisweilen auch die Decke des inneren Nestes werden bei den Hummeln mit kleinen Pflanzenpartikelchen ausgekleidet. Diese Partikelchen werden sehr dicht aneinandergelegt und bilden einen Gegenstand besonderer Sorgfalt von seiten der Hummeln. Berücksichtigt man den Umstand, daß selbst nach starken und anhaltenden Regengüssen in Nestern, welche in vorjährigen Haufen fast verfaulten Strohes angelegt wurden, wo die Feuchtigkeit einen außerordentlich hohen Grad erreicht, eine tadellose Trockenheit herrscht, so ist man wohl zu der Annahme berechtigt, daß der Zweck dieser vegetabilischen Schicht eben darin besteht, die Waben vor Feuchtigkeit zu bewahren.

Dieser Teil der Architektur des Nestes zeigt ebensowenig wie der vorher besprochene (das äußere Nest) irgend welche Beständigkeit selbst innerhalb der Grenzen einer Art, und zwar weder in Bezug auf seine Zusammensetzung noch was seinen Umfang betrifft. Was die Zusammensetzung anbelangt, so sehen wir auf Fig. 20 A u. B Teilchen von verschiedenen Gegenständen, welche mit Wachs untereinander verklebt sind und das Dach über den Waben des inneren Nestes bei ein und derselben Art — *B. terrestris* — darstellen. Die beiden ersten Nester (A u. B) sind von zwei Weibchen in ein und demselben Strohhaufen, in einer Entfernung von etwa 70 cm voneinander und zu derselben Jahreszeit angelegt worden. Bei dem einen besteht das Material hauptsächlich aus mit Wachs (ce) verklebten Partikelchen von Roggenblättern und Stroh (Fig. 20 A), bei dem anderen dagegen aus den Überresten des Felles einer krepiereten und bereits in Verwesung übergegangenen Maus (Fig. 20 B, pi). Die Larven von Fliegen, welche den Körper der Maus zerstört hatten, fanden sich neben dem Hummelneste. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Material für das innere Nest zum

Teil aus vorgefundenen Gegenständen besteht und wenn diese nicht ausreichen, aus der nächsten Umgebung des Nestes herbeigeschafft wird.

Zum Beschlusse habe ich bezüglich der Architektur der Hummelnester noch einige Worte über das Flugloch zu sagen.

Das Flugloch stellt, wie auch alle übrigen Teile der Architektur, eine nicht nur ihrer Gestalt, sondern auch ihrer Anzahl nach unbeständige Größe dar.

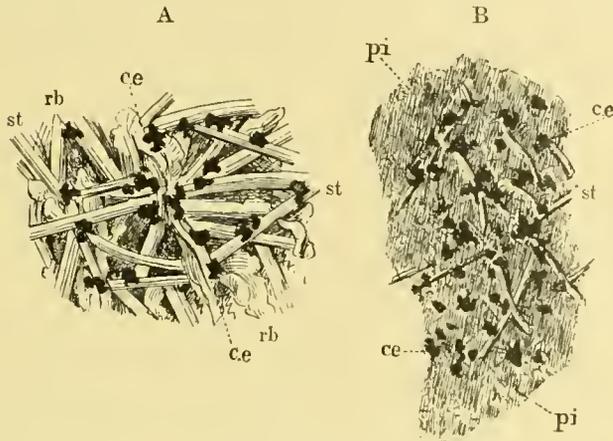


Fig. 20. Teile des Daches über den Waben (Decke des inneren Nestes). rb — Roggenblätter; ce — Wachsplättchen, mit denen das Baumaterial verklebt wird; pi — Mäusefell, durch ebensolche Wachsplättchen verstärkt; st — Strohhalme.

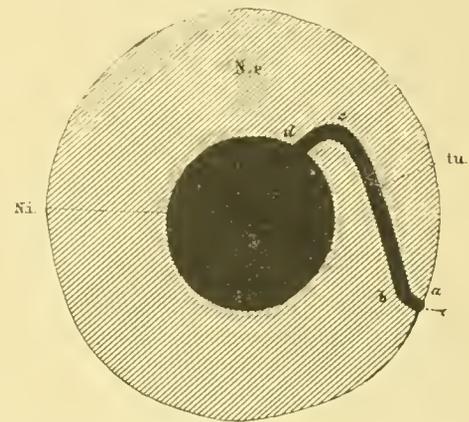


Fig. 21. Horizontalschnitt durch ein Nest von *Bombus muscorum*. N.e — äußeres Nest; N.i. — inneres Nest; o — Flugloch; a b c d — gewundener Gang (tu) von dem Flugloche zum inneren Neste.

In den unterirdischen Nestern ist allerdings die Zahl konstant: hier ist immer nur ein Flugloch vorhanden, aber dies hat seinen Grund darin, daß dasselbe nicht von den Hummeln, sondern von der Maus angelegt wird, deren Gang den Hummeln als Ausflugsöffnung dient. Meist ist auch in den oberirdischen Nestern nur ein Flugloch vorhanden; bei *B. muscorum* und *B. lapidarius* habe ich z. B. stets nur eine Flugöffnung gefunden, durch welche die Hummeln ein- und ausflogen. Bei *B. sylvarum* dagegen waren zwei und, wie es scheint, sogar mehr Fluglöcher vorhanden, da die Hummeln im freien Zustande das Nest von verschiedenen Seiten her betraten oder verließen. In Fällen drohender Gefahr verlassen die Hummeln das Nest auch unmittelbar an einer beliebigen Stelle durch seine Deckschicht. Das Flugloch ist in den meisten Fällen gut verborgen und wird (z. B. bei *B. muscorum*) nahe über der Erde in der Seitenwand des äußeren Nestes angebracht.

Das Flugloch ist augenscheinlich ein zufällig gewählter Eingang durch das bereits fertiggestellte Material des Nestes, welchen die Hummeln in der Erinnerung behalten. Es wird nicht speziell hergestellt und von den verschiedenen Arten sowie den verschiedenen Individuen einer Art nicht in gleicher Weise angelegt. In einigen Nestern von *B. muscorum* verläuft es anfangs direkt in die Tiefe des Nestes, in der Richtung zu dessen innerem Teile (Fig. 21 a b, Horizontalschnitt), biegt sodann scharf nach der Seite um und beschreibt einen Halbkreis (b c d) nach dem inneren Neste zu (N. i), in welches es an einer dem Eingange fast gegenüberliegenden Stelle einmündet.

Die Größe des Flugloches der oberirdischen Nester steht in Beziehung zu dem Wachstum der Hummeln. Während der Ausbesserung des Nestes kann man sehen, daß diese

Größe davon abhängt, ob das Flugloch von einer Arbeiterin oder einem Weibchen angelegt wird: erstere, welche das Flugloch nach ihrem Wuchse anlegt, gibt ihm einen nur unbedeutenden, durch die Größe ihres Körpers festgesetzten Durchmesser — das Weibchen erweitert es.

Alles das, was in dem vorstehenden Abschnitt, soweit von der Tätigkeit des Weibchens allein die Rede war, gesagt worden ist, erscheint seiner psychologischen Bedeutung nach augenscheinlich als eine ebensolche Gesamtheit von Handlungen, wie wir sie auch bei den solitären Insekten sehen, wenn diese ihrer zukünftigen Nachkommenschaft eine Wohnstätte vorbereiten.

Kapitel III.

Die Psychologie der Tracht.

(Die Nahrung und ihre Gewinnung.)

Inhalt des Kapitels. Wonach richten sich die Hummeln bei dem Besuchen von Blüten behufs Nahrungsgewinnung? Angaben in der Literatur. Meine Untersuchungen. Die Rolle der Sehorgane bei dem Aufsuchen der Blüten behufs Einsammeln von Nahrung. Die Entfernung, auf welche hin die Hummeln befähigt sind, Blüten von bestimmter Farbe zu unterscheiden. Die Rolle der Geruchsorgane. Die Psychologie der Tätigkeit der Hummeln bei der Gewinnung von Nahrung überhaupt und speziell bei dem Durchnagen der Blumenkrone einiger Blüten behufs Abkürzung der Arbeit.

Die Hummeln nähren sich, wie die Bienen, von dem Nektar der Blüten und von dem Pollen, aus welchem sie das sogenannte Brot zubereiten.

Die Erscheinungen, welche wir in diesem Kapitel zu besprechen haben, sind alle mit folgender Frage eng verbunden: Wonach richten sich die Hummeln bei dem Besuchen von Blüten behufs der Gewinnung von Nahrung?¹

Die Geschichte der Frage, was die Hummeln dazu verlockt, die Blüten zu besuchen — die Farbe oder der Geruch —, ist sehr umfangreich, und es ist mir schon aus diesem Grunde nicht möglich, hier länger bei ihr zu verweilen; ich beschränke mich daher darauf, die Debatten zu berühren, welche in jüngster Zeit zwischen J. Plateau und A. Forel bezüglich dieser Frage stattgefunden haben.

Die biologischen Anschauungen von Plateau sind den meinigen, im allgemeinen gesprochen, näher verwandt, als diejenigen von Forel, allein ich halte das Verfahren bei seinen Untersuchungen in der vorliegenden Frage für etwas grob und seine Folgerungen daher für unrichtig.

Forels Ausführungen enthalten zu viel Anthropomorphismus und seine Schlußfolgerungen gehen daher mit meinen Ansichten oft sehr weit auseinander, allein seine Untersuchungsmethoden sind schärfer durchgeführt und seine Analyse ist gründlicher und bietet mehr Interesse, als diejenige von Plateau.

In nachstehendem werde ich diejenigen Deduktionen kurz zusammenfassen, zu welchen die genannten Autoren bezüglich der Hummeln gelangt sind.²

¹ Ich werde diese Frage nur soweit behandeln, als sie auf die Hummeln Bezug hat, da ich der Ansicht bin, daß eine Verallgemeinerung derselben auf alle Hymenopteren, geschweige denn auf alle Insekten, wie dies bisher vielfach beliebt wurde, zu den Unmöglichkeiten gehört.

² „Revue générale des Sciences“. 1901. No. 8.

Plateau vermutet, daß die Hummeln sich nicht von dem Gesichte, sondern von dem Geruche leiten lassen, und stützt sich zum Beweise hierfür auf seine Versuche, welche seiner Ansicht nach bekräftigen sollen, daß die Bienen und die Mehrzahl der Hymenopteren überhaupt niemals künstliche Blumen, so künstlerisch diese auch ausgeführt sein mögen, für natürliche halten. Die Insekten vermeiden den Besuch künstlicher Blumen selbst dann, wenn letztere mit echten Blumen vermengt sind und Honig in ihre Blütenkrone gegossen worden ist.

Forel glaubt im Gegenteil, daß die Hummeln zu den Blumen hauptsächlich durch deren Färbung und Formen angezogen werden, d. h. daß sie auf der Suche nach dem Honig nicht durch den Geruch, sondern durch das Gesicht geleitet werden. Der Autor nimmt an, daß die Hummeln sich des Aussehens einer Blume und ihres Standortes erinnern und das Aufgefaßte im Verlaufe von 8 Tagen im Gedächtnisse behalten.

Die Angabe, daß die Hummeln sich bei dem Aufsuchen der Nahrung gerade durch ihr Sehvermögen, nicht aber durch den Geruch leiten lassen, bekräftigt der Autor dadurch, daß Hummeln, denen die Fühler, d. h. die Geruchsorgane, abgeschnitten wurden, trotzdem fortfuhren, die den Honig enthaltenden Pflanzen ebenso aufzusuchen, wie sie dies vorher getan hatten. Er vermutet jedoch gleichzeitig, daß die Hummeln, wenn sie zufällig in die Nähe von Blumen herangeflogen sind, auch deren Aroma zu riechen beginnen.

Um diese Frage zu lösen, haben wir zunächst folgende Punkte festzustellen:

- A. die Rolle der Sehorgane bei dieser Tätigkeit;
- B. die entsprechende Rolle der Geruchsorgane und
- C. den psychologischen Charakter dieser Tätigkeit.

A) Die Rolle der Sehorgane bei dem Besuche von Blüten durch die Hummeln.

Nachstehend teile ich meine Beobachtungen auf diesem Gebiete der biologischen Erscheinungen bei den Hummeln mit.

Vor allem handelt es sich darum, die Farbe der Blumen festzustellen, die von den Hummeln besucht werden. Es sind dies

1. Gelbe: *Taraxacum officinale*, *Melampyrum nemorosum*, *Primula officinalis*, *Zinnaria vulgaris* u. a. m.
2. Rosafarbene: *Trifolium pratense* u. a. Arten.
3. Violette: *Vicia sepium*, *Viola odorata*, *Scabiosa arvensis*, *Orchis maculata* u. a. m.
4. Rote: *Dianthus deltoides*, *D. carthusianorum* u. a. m.
5. Weiße: *Aesculus hippocastanum*, *Lamium album* u. a. m.

Diese Blumen werden von den Hummeln nicht beliebig aufgesucht. Zu gewissen Zeiten fand ich die Hummeln hauptsächlich auf dem Klee, welchen sie zu anderen Zeiten nur selten besuchen, obgleich er auch dann in Blüte ist; wieder zu anderen Zeiten fand ich sie auf der Ackerwicke, welche sie sonst fast gar nicht besuchen. Dasselbe Verhalten findet auch mit der Nelke und mit vielen anderen Blumen statt.

Indem ich bemüht war, dem Grunde dieser Erscheinung auf die Spur zu kommen,

bemerkte ich bald, daß die Mehrzahl der Hummeln das betreffende Gewächs hauptsächlich während der Periode seines massenhaften Blühens besucht.

Indessen besuchten die Hummeln zur gleichen Zeit, wenn auch in der Minderzahl, auch die Blüten anderer Gewächse, und ferner gibt die Erscheinung des Besuchens von in der Massenblüte begriffenen Pflanzen an und für sich noch keine Erklärung für die Frage nach der Ursache einer derartigen Bevorzugung. Ich begann deshalb die Tätigkeit bestimmter von mir zu diesem Zwecke gewählter Hummeln zu verfolgen und beobachtete die letzteren so lange als sich mir die Möglichkeit hierzu bot.

Die auf dem Wege dieser Beobachtungen gewonnenen Resultate sind folgende:

1. *Bombus lapidarius* ♀ sammelte Honig, indem es auf einer großen, mit den verschiedensten, Ende Mai blühenden Gewächsen bedeckten Wiese flog; die ganze Zeit, solange ich es beobachten konnte, flog dieses Weibchen von einer Blüte von *Vicia sepium* zur anderen, indem es 31mal die bei dem — auf mehr oder weniger große Entfernungen ausgeführten — Hinüberfliegen angetroffenen Gewächse aller anderen Arten vermied.

2. *Bombus lapidarius*, ein anderes Exemplar; dasselbe — 28mal.

3. *Bombus lapidarius*, ein drittes Exemplar; dasselbe — 34mal.

4. *Bombus lapidarius*, ein viertes Exemplar; dasselbe — 20mal.

Einige von diesen Hummeln flogen fort, nachdem sie eine große Zahl von Exemplaren dieses Gewächses an einer Stelle besucht hatten, und ließen sich auf Blüten von *Vicia sepium* nieder, welche in mehr oder weniger beträchtlicher Entfernung von der früheren Sammelstelle wuchsen. Dabei erwies es sich, daß der Standort einiger Komplexe von Feldwicken den Hummeln augenscheinlich bekannt war: nachdem sie den einen von ihnen verlassen hatten, flogen sie rasch und ohne Umwege auf einen anderen zu, welcher oft 20—25 m von dem ersteren entfernt lag.

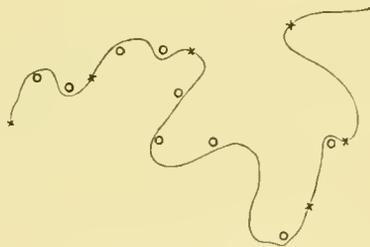


Fig. 22. Teil des Fluges einer Hummel (*Bombus terrestris*), die sich auf *Dianthus carthusianorum* (X) niederließ und *Vicia sepium* (O) übergang.

5. *Bombus terrestris* flog 15mal von einer Nelke (*Dianthus carthusianorum*) auf die andere, indem er unterwegs mehrmals an *Vicia sepium* vorbeiflog.

Auf Fig. 22 ist ein Teil des Weges dieser Hummel abgebildet, wobei + den Standort von Nelken, o denjenigen von Feldwicken bezeichnet.

6. Den 18. Juli 1900 besuchte ein *Bombus muscorum* ♀ während der ganzen Zeit, wo die Beobachtung ausgeführt werden konnte, ausschließlich roten Klee.

7. Den 25. Juli hielt sich dieselbe Art nur an *Scabiosa* und ließ sich auf keinen anderen Blüten nieder.

8. Den 25. Juli taten 4 Hummeln das Gleiche, ohne sich jemals auf andere Blüten zu setzen.

9. Den 9. August flog ein *Bombus terrestris* ♀ 126mal von einem Exemplar von *Melampyrum nemorosum* auf das andere, ohne sich auf andere Blüten, deren es auf der betreffenden Waldwiese sehr viele gab, zu setzen oder sich bei ihnen aufzuhalten.

10. An demselben Tage und zu derselben Stunde setzte sich eine *Bombus muscorum* ♀, welche auf eine mit ungeheuer vielen *Melampyrum nemorosum* bedeckte Waldwiese

setzte, welche auf eine mit ungeheuer vielen *Melampyrum nemorosum* bedeckte Waldwiese

geflogen kam, kein einzigesmal auf diese Blume, sondern besuchte alle Exemplare von *Salvia pratensis* und flog davon, ohne irgend eine Art von anderen Gewächsen beachtet zu haben.

11. An demselben Tage beschrieb eine *Bombus lapidarius* ♂ auf der Waldwiese im Fluge einen ziemlich regelmäßigen Kreis von etwa 6 m Durchmesser, wobei sie nach Verlauf von 5—8 Minuten zu dem Ausgangspunkte zurückkehrte, von wo sie ihren Flug nach dem Eintreffen auf der Wiese begonnen hatte. Nachdem sie sich davon überzeugt hatte, daß die Blüten hier bereits keinen Honig mehr enthielten, erhob sich die Hummel in die Luft und flog davon. Während dieser ganzen Zeit wechselte sie kein einziges Mal die von ihr benutzten Blüten von *Lamium album*, an welche sie sich ausschließlich hielt, obgleich die Waldwiese außerordentlich reich an anderen Gewächsen war; darunter befand sich unter anderem auch das an diesem Tage besonders sorgfältig von *Bombus terrestris* besuchte *Melampyrum nemorosum*, während diese Art ihrerseits die Blüten von *Lamium album* nicht beachtete.

12. Den 9. August hielt sich *Bombus sylvarum* an dieselben Pflanzen wie *Bombus lapidarius*.

Ich könnte einen langen Auszug aus ferneren Beobachtungen vollständig analogen Charakters mitteilen, glaube aber, daß auch das bisher Mitgeteilte vollauf genügt, um einen Begriff von dem Bilde zu geben, welches sich bei dem Umherfliegen der Hummeln von einer Blüte zur anderen bei dem Einsammeln von Honig darbietet.

Auf der Fig. 23 ist der Flug der Hummeln beim Einsammeln ihrer Beute schematisch angegeben, wobei N_1 den Weg von einer Blüte zu einer anderen für nur eine Pflanzenart darstellt.

Des weiteren habe ich eine Reihe von Beobachtungen notiert, welche davon Zeugnis ablegen, daß einige Hummeln zwei bestimmte Pflanzenarten, deren Blüten bisweilen verschiedene Färbung und Gestalt besitzen, besuchen, wobei sie sich bald auf die eine, bald auf die andere Art niederlassen, so wie sie zufällig unterwegs angetroffen werden.

So flog eine *Bombus terrestris* ♂ am 14. Juni von der Taubnessel auf die Feldwicke und umgekehrt, indem sie den weißen (Lämmer-)Klee und alle anderen weißblütigen Pflanzen vermied; diese Erscheinung konnte ich auf eine Entfernung von 6—8 m hin verfolgen.

Den 19. Juni flog *Bombus muscorum* von *Trifolium pratense* auf *Melampyrum nemorosum* u. s. w. u. s. w.

Auf dem Schema Fig. 23 sind die Wege dieser Hummeln durch N_2 bezeichnet.

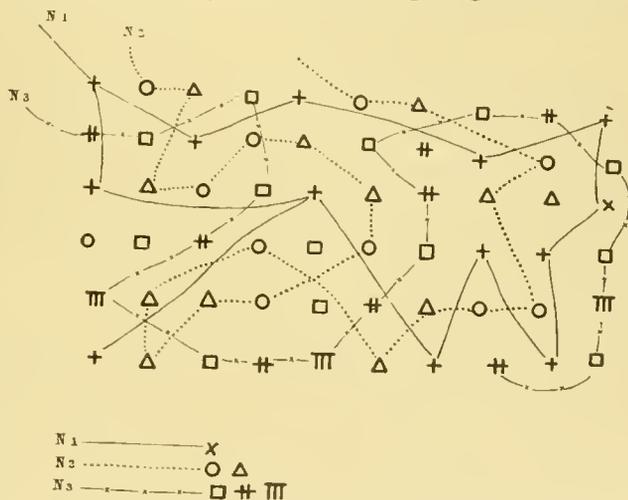


Fig. 23. N_1 — Weg einer Hummel, die sich auf den Blüten einer Pflanzenart niederließ; N_2 — Weg einer Hummel, die sich auf den Blüten zweier Pflanzenarten niederließ; N_3 — einer Hummel, die sich auf Blüten dreier Pflanzenarten niederließ.

Nunmehr folgen Beobachtungen, welche zeigen, daß einige Hummeln nicht nur eine der genannten Pflanzenarten allein, sondern mehrere Arten mit Blüten von gleicher Farbe besuchen.

So hielt sich 1) *Bombus terrestris* am 17. Juli (1900) ausschließlich auf lilafarbenen Blüten auf, ohne sich auf anders gefärbte niederzulassen, und 2) *Bombus sylvarum* an demselben Tage vorzugsweise auf lilafarbenen Blüten, indem er gleichfalls alle Blüten von anderer Färbung vermied u. s. w. Auf dem Schema Fig. 23 sind die Wege dieser Hummeln durch Nr. 3 bezeichnet.

Zum Schlusse habe ich noch zu bemerken, daß die angegebene Ordnung in der Auswahl von Blüten durch zweierlei Ursachen mehr oder weniger beeinträchtigt wird. Erstens — durch die Abnahme in der Anzahl von blühenden Gewächsen unmittelbar nach dem Mähen, sodann am Ende des Sommers und zu Beginn des Herbstes infolge der Abnahme von blühenden Gewächsen überhaupt. Zweitens — durch den Beginn des Zerfalles der Hummelfamilie, wenn die Arbeit weniger intensiv vor sich geht und die Hummeln anfangen, „irgend wie“ zu fliegen. Allein auch in diesen Fällen macht sich der fundamentale Instinkt der Ordnung bemerkbar: wenn die Hummeln die Pflanzen wechseln, beginnen sie bei der ersten passenden Gelegenheit sich bis zu einem neuen Wechsel an irgend eines dieser Gewächse zu halten.

Welches sind nun die Schlußfolgerungen, die wir aus den angeführten Tatsachen ziehen können? Dieselben drängen sich uns von selbst auf. Erstens wird durch diese Tatsachen bewiesen, daß die Hummeln imstande sind, Blüten von den verschiedensten Farben ohne Unterschied zu besuchen; zweitens, daß sie sich jedoch während jeder gegebenen Zeitperiode an diejenige Pflanze halten, welche ihnen in dieser Periode (z. B. im Verlaufe eines Tages) die beste Ausbeute geliefert hat, und drittens, daß die Hummeln bei dem Aufsuchen dieser Gewächse ausschließlich von ihren Sehorganen geleitet werden.

Für den Fall, daß keine einzige Blüte den Hummeln eine reiche Ausbeute gegeben hat, während zwei oder drei Arten von Gewächsen sich als befriedigend erwiesen haben, werden die Hummeln sich bei ihren weiteren Nachforschungen nach Honig eben an diese Gewächse halten. Dies ist der Grund, warum eine jede Art von Hummeln sich an ein und demselben Tage systematisch an ihre Gewächse hält, d. h. an die Gewächse, deren Blüten ihr die beste Ausbeute gegeben haben.

Da nun zu solchen Gewächsen natürlicherweise diejenigen Arten gehören, deren Massenblüte eben in der Periode der gegebenen Tracht stattfindet, so fällt die Massenblüte der Honiggewächse meistens auch mit ihrer Wahl durch die Hummeln zusammen.¹ Hieraus ergibt sich natürlich auch die Erklärung, warum die Hummeln an gewissen Tagen die Blüten des Klees z. B. gar nicht besuchen, sondern nur die Blüten der Taubnessel oder von *Scabiosa arvensis*; ferner gibt dies die Erklärung für die Entstehung

¹ Angesichts der von mir mitgeteilten Beobachtungen halte ich es nicht für notwendig, auf die Betrachtungen von F. Plateau einzugehen [„Observations sur le phénomène de la constance chez quelques Hyménoptères“ (Ann. Soc. Entom. Belg. XLV)], nach welchen er die honigtragenden Hymenopteren in „oligotropes“ und „polytropes“ einteilt; diese Einteilung ist meiner Auffassung nach zu sehr künstlich und entbehrt der Grundlage, welche der Autor hier voraussetzt. Jedenfalls liegt nicht der geringste Grund vor, die Hummeln für „hyménoptères très inconstants“ zu halten, wie dies von Plateau geschehen ist.

jenes Irrtums, nach dem die Hummeln angeblich violette Blüten allen anderen vorziehen; endlich wird dadurch auch der Grund für die Fehlerhaftigkeit solcher Schlüsse aufgeklärt, wie sie auf Grund der Versuche von Plateau gezogen wurden: die Hummeln haben sich auf die künstlichen Blüten Plateaus einfach aus dem Grunde nicht niedergelassen, weil sie die Blüten der nachgeahmten Pflanze an dem betreffenden Tage überhaupt nicht besuchten, obgleich sie sich vielleicht gestern auf dieselben niedergelassen hätten und morgen wieder auf dieselben niedergelassen würden; heute jedoch lassen sie sich auf Blüten dieser Art aus dem Grunde nicht nieder, weil sie an dem betreffenden Tage keinen Honig aus denselben sammeln, oder aber aus anderen Gründen, deren Erklärung nur durch Beobachtungen im Walde und auf der Wiese festgestellt werden kann.

Auf welche Entfernung können Blüten von den Hummeln mit Hilfe der Sehorgane bemerkt werden?

Bevor ich zu der Beantwortung dieser Frage übergehe, möchte ich auf einen Zug in der Fähigkeit der Hummeln, Gegenstände überhaupt zu unterscheiden, hinweisen.

Experimentiert der Beobachter langsam in einem Hummelneste, so bemerken die Hummeln gar nichts und beschäftigen sich ruhig mit ihren Angelegenheiten. Sie sehen weder die Hand, noch werden sie des Experimentierenden gewahr. Sobald jedoch die Bewegungen etwas rascher werden, so bemerken die Hummeln sofort die Anwesenheit eines fremden, feindlichen Gegenstandes, worauf die einen sich unruhig hin und her bewegen, andere sich zu verteidigen suchen, wieder andere zum Angriffe übergehen.

Es ist dies eine außerordentlich charakteristische und wichtige Eigentümlichkeit des Sehvermögens bei den Hummeln, eine Eigentümlichkeit, welche darauf hinweist, daß ihr Sehen in diesem Sinne nicht unserem Sehen entspricht: sie sehen einen Gegenstand, wenn derselbe sich bewegt, und sehen ihn nicht, wenn er in Ruhe ist oder sich nur langsam bewegt. Ich will an dieser Stelle eine Beobachtung mitteilen, welche an freilebenden Hummeln angestellt wurde und die mitgeteilte Schlußfolgerung bestätigt. Nachdem die Hummel mit ihren Nachforschungen nach Honig auf einer Pflanze fertig geworden ist, fliegt sie direkt auf die nächste Pflanze, d. h. sie fliegt nur dann auf dieselbe, nachdem sie deren Anwesenheit bemerkt hat, wenn diese Pflanze sehr nahe gelegen ist. Eine Entfernung von über 35 cm erfordert seitens der Hummel bereits eine gewisse Vorbereitung, um dasjenige zu bemerken, dessen sie bedarf. Diese Vorbereitung besteht darin, daß die Hummel sich bis zu einer gewissen Höhe in die Luft erhebt und darauf erst auf das bemerkte Gewächs zufliegt. Auf diese Weise fliegt die Hummel von einem Gewächse zum anderen, wenn letzteres in einer Entfernung von annähernd über 35 cm steht, in unregelmäßigen Bogenlinien. Auf der Fig. 24 ist dieser Flug der Hummel schematisch dargestellt. Von dem Punkte *a* (Fig. 24 A.) erhebt sich die Hummel steil nach oben längs der Linie *a—b*; sie kennt die Richtung noch nicht, wohin sie fliegen wird. Während dieser Bewegung machen ihre lichtempfindlichen Organe augenscheinlich denselben Prozeß durch, welchen sie bei der raschen Bewegung eines vor ihren Augen befindlichen Gegenstandes erleiden; der ganze Unterschied besteht darin, daß in letzterem Falle der Gegenstand sich bewegte, während die Hummel in der Ruhe verblieb, im ersteren dagegen der Gegenstand unbeweglich bleibt, die Hummel aber sich bewegt, wodurch das Erblicken des Gegenstandes ermöglicht wird. Sowie dies geschehen ist, fliegt die Hummel im Bogen *b—c* auf den Gegenstand zu. Von hier fliegt sie in gerader

Linie zu einer in der Nähe befindlichen Blüte *d*; findet sich nun wiederum keines der zu besuchenden Gewächse in der Umgegend, in einer Entfernung, wo es von der Hummel im beiderseitigen Ruhezustande bemerkt werden könnte, so erhebt die letztere sich wiederum in die Luft in der Linie *d—e*, bemerkt *f*, und fliegt im Bogen *e—f* darauf zu u. s. w.

Aus dem soeben Gesagten folgt, daß die Entfernung, auf welche hin die Hummeln Blüten nach ihrer Farbe unterscheiden können, nur unbedeutend ist und 70 cm nicht übersteigt.

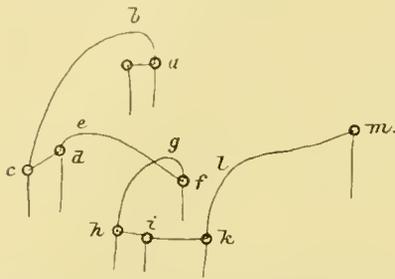


Fig. 24 A. Schematische Darstellung des Fluges einer Hummel von einer Blüte zur andern, je nach der größeren oder geringeren Entfernung dieser Blüten von einander.



Fig. 24 B.

Wir werden jedoch alsbald sehen, daß diese Entfernung nicht für alle Gewächse die gleiche ist: sie kann kleiner (gewisse Blüten werden von den Hummeln selbst auf eine Entfernung von 35 cm nicht erkannt) oder auch bedeutend größer sein — es hängt dies ausschließlich von der Größe der Blüte ab; große Blüten werden auf weitere Entfernungen bemerkt als kleine Blüten, Blütenstände auf weitere Entfernungen als einzelne Blüten.

Im Frühjahr, wenn auf den Wiesen ganze Beete von *Vicia cracca*, von 70 cm bis zu 10 m im Durchmesser, auftreten, welche sich infolge des Baues ihres Stengels nicht über die sie umgebenden Pflanzen erheben können und einen richtigen Blütenfleck bilden, kann man leicht beobachten, daß diese Beete um so leichter von den Hummeln entdeckt werden, je größer sie sind (eine Erscheinung, welche uns unter anderem die Bedeutung der Blütenstände auf eine sehr einfache Weise erklärt). Ich konnte beobachten, wie ein Weibchen von *Bombus terrestris* ein großes, inmitten von dichten Feldern von roten Nelken ganz isoliert gelegenes Beet dieser blühenden Wicke auf eine Entfernung von mindestens 10—12 m bemerkte. Die Hummel saß auf dem Wickenbeete (a), neben welchem ich mich befand, und als sie meiner ansichtig wurde, erhob sie sich und flog rasch nach dem Walde zu, beschrieb aber unterwegs eine scharfe Wendung in der Richtung nach einem großen Beete derselben Wicke (b), auf welches sie sich niederließ, um Honig einzusammeln (Fig. 24 B).

Die endgültige Beantwortung der Frage über die Rolle der Sehorgane bei dem Besuche der Blüten zur Gewinnung von Nahrung wird sich demnach folgendermaßen gestalten: Bei dem Aufsuchen eines bestimmten Gewächses auf gewisse Entfernungen hin lassen sich die Hummeln ausschließlich durch ihr Sehvermögen leiten, während die Entfernung selbst, auf welche sie imstande sind, ein Gewächs zu unterscheiden, von der Größe der Blüte, des Blütenstandes oder des Beetes abhängig ist.

B) Die Rolle der Geruchsorgane bei dem Besuche von Blüten durch die Hummeln.

Spielt das Geruchsvermögen irgend welche Rolle bei dem Besuche von Blüten durch die Hummeln? Auf diese Frage geben meine Beobachtungen folgende Antwort: Die

Hummeln setzen sich nicht auf Blüten, selbst wenn dieselben an dem betreffenden Tage sonst bevorzugt werden, wenn diese Blüten soeben erst von Hummeln besucht und daher natürlich ihres Honigs beraubt worden waren. Ich habe viele Male Hummeln beobachtet, welche, auf einem Blütenstande herumkriechend, in eine ganze Reihe von Blüten ihren Rüssel nicht versenkten, sondern dieselben übergehend davonglogen. Ferner sah ich, wie Hummeln, nachdem sie zu einer Blüte und selbst zu einem Blütenstande ganz dicht (und zwar stets ganz dicht) herangeflogen waren, wieder fortfliegen, obgleich gerade diese Blüten an dem betreffenden Tage von dieser Hummelart besucht wurden. In solchen Fällen erwies es sich stets, daß diese Blüten soeben erst von einer anderen Hummel oder von einer Biene oder gar von derselben Hummel, welche nach Beendigung ihres Umfluges zu dessen Ausgangspunkte zurückkehrte, besucht worden waren.

Ich erwähnte bereits jenen *Bombus lapidarius*, welcher auf eine Waldwiese geflogen kam und nachdem er einen Kreis beschrieben hatte, an denjenigen Punkt zurückkehrte, von wo aus er das Einsammeln des Honigs begonnen hatte; nachdem diese Hummel dicht an eine Blüte herangeflogen war, auf welcher sie vor kurzem selbst verweilt hatte, setzte sie sich auf dieselbe, erhob sich aber sofort wieder und flog von der Waldwiese fort.

Derartige Erscheinungen habe ich mehrfach beobachtet und es unterliegt daher für mich keinem Zweifel, daß die Hummeln imstande sind, Blüten, welche eben erst von anderen Insekten besucht worden waren, von anderen, nicht besuchten Blüten, zu unterscheiden. Diese Fähigkeit der Hummeln spielt bei der schwierigen Arbeit des Einsammelns augenscheinlich die Rolle eines außerordentlich wichtigen Hilfsmittels.

Wie werden nun die bereits besuchten Blüten von den Hummeln erkannt?

Ich habe solche Blüten sorgfältig untersucht und mit den von den Hummeln noch nicht besuchten verglichen. Diese langwierigen Untersuchungen haben mich zu der Überzeugung geführt, daß äußerliche Veränderungen der Blüte, welche die Hummeln von einem kürzlich erfolgten Besuche durch Insekten in Kenntnis setzen könnten, nicht existieren; selbst dann, wenn solche Veränderungen vorliegen, sind dieselben bei den Blüten ein und derselben Art derartig verschieden, daß sie für ein solches Kriterium keineswegs taugen, um so mehr, als viele Blüten buchstäblich keinerlei Veränderungen aufweisen.

Was hat nun den Hummeln die Möglichkeit gegeben, diese für sie so wichtige Frage mit so überraschender Genauigkeit und Schnelligkeit zu lösen? Ist es nicht das Sehvermögen, so kann es augenscheinlich nur ein sehr feines spezifisches Geruchsvermögen sein. Ich sage ein spezifisches Geruchsvermögen, da selbst starkriechender Honig, welcher Dutzende von Wespen auf große Entfernungen anlockt, für die Hummeln ohne Geruch ist. Legt man ein Stück Wabe mit Honig in einen Kasten, welcher ein Hummelnest enthält, so wird es selbst bei herrschendem Futtermangel keine der Hummeln anlocken, und wenn diese letzteren das Vorhandensein des Honigvorrates in ihrem Kasten nicht vorher zufällig in Erfahrung gebracht und den Ort im Gedächtnisse behalten haben, so wird dieser Vorrat von Wespen, welche von draußen durch den Geruch angelockt werden, vollständig geplündert werden, ehe zwei oder drei Hummeln „darauf kommen werden“, was hier vorgegangen ist.

Das Spezifische des Geruchsvermögens der Hummeln äußert sich demnach darin, daß sie von diesem Sinnesorgane nur auf sehr geringe Entfernungen geleitet werden können. Es ist durchaus nicht schwer, sich von der Richtigkeit dieser Schlußfolgerung zu

überzeugen: Angenommen, die Blüten lockten die Hummeln nicht durch ihre Farbe, sondern durch den Geruch ihres Honigs an, so würden die letzteren natürlich nicht auf diejenigen der für den betreffenden Tag gewählten Blumen zufliegen, welche ihres Honigs durch frühere Besucher bereits beraubt worden sind; es ist indessen unbedingt notwendig, daß die Hummel jedesmal dicht zu einer Blüte heranfliegt, bevor sie entscheiden kann, ob diese letztere Honig enthält oder nicht.

Indem ich alle von mir in Bezug auf diesen Gegenstand erforschten Tatsachen zusammenstelle, glaube ich die Lösung der aufgeworfenen Frage in folgender Weise formulieren zu können: Die Hummeln lassen sich bei dem Besuche von Blüten nicht von einem, sondern von zwei Sinnesorganen leiten, und zwar: 1) von dem Sehvermögen, welches ihnen ermöglicht, die Farbe der Blüten zu unterscheiden und infolgedessen ihren Flug in diejenige Richtung lenkt, wo sich die im gegebenen Momente erwünschten Blüten befinden, und 2) durch ein sehr feines und spezifisches Geruchsvermögen, welches ihnen die Möglichkeit bietet, in Erfahrung zu bringen, ob eine gegebene Blüte Honig enthält oder nicht, — eine außerordentlich wichtige Fähigkeit, wenn man den großen Wert der Zeit berücksichtigt, an welcher so viel als möglich gespart werden muß.

Im Zusammenhange mit den soeben behandelten Fragen steht die bekannte Fähigkeit der Hummeln, an den langgestreckten, röhrenförmigen Blütenkronen gewisser Blumen (z. B. bei *Melampyrum nemorosum*) eine Öffnung über dem Honigbehälter zu durchnagen, wodurch sie die Möglichkeit erlangen, den Honig auf dem kürzesten Wege zu erreichen, ohne sich auf die Blüte zu setzen und ohne daß sie durch die Notwendigkeit, den Rüssel tief in die Blüte hineinstecken zu müssen, Zeit verlieren.

Auf die psychologische Bewertung dieser Erscheinung werde ich weiter unten zurückkommen; zuvor will ich einige Worte darüber sagen, inwiefern diese Erscheinung zur Entscheidung der Frage über die Rolle des Geruches bei dem Einsammeln des Honigs durch die Hummeln beiträgt.

Durch Beobachtungen wurde nachgewiesen, daß die Hummeln die von Insekten zur Gewinnung von Honig auf die genannte künstliche Weise besuchten Blumen ebensogut zu unterscheiden verstehen, wie bei dem normalen Verfahren.

In nachstehendem teile ich eine meiner zahlreichen Beobachtungen mit, welche zur Aufklärung dieser Frage dienen.

Eine Arbeiterin von *Bombus terrestris* kam auf die Waldwiese, wo ich meine Beobachtungen anstellte, angefliegen und ließ sich auf einer Blüte von *Melampyrum nemorosum* nieder, wobei sie sich nicht der Öffnung der Blütenkrone, sondern deren Basis zuwandte; nachdem die Hummel auf ein anderes Exemplar dieser Pflanze hinübergeflogen war, untersuchte ich das erste mit der Lupe u.s.f. Alle Blütenkronen waren an der Basis durchnagt. Die Hummel durchflog die Waldwiese, wobei sie einen unregelmäßigen Kreis von etwa 6 m im Durchmesser beschrieb, und flog schließlich an dieselbe Stelle heran, von wo aus sie ihren Flug begonnen hatte, und zu denselben Exemplaren von Pflanzen, wo sie bereits vor 10—15 Minuten verweilt hatte. Während des Herüberfliegens von einer Pflanze auf eine andere setzte sich die Hummel mehrfach auf solche, welche sie soeben erst besucht hatte,

wobei sie unmittelbar nachdem sie sich niedergelassen hatte auch wieder davonflog; bisweilen flog sie auch davon, nachdem sie sich einem Blumenkelche genähert hatte, ohne jedoch den Rüssel in die hier früher angebrachte Öffnung hineinzusenken. Als die Hummel ihren Kreisflug beendet hatte, zu dessen Ausgangspunkte zurückgekehrt war, und sich auf einige Blüten niederließ, bemerkte sie (ohne jedoch dabei mit dem Rüssel oder mit den Antennen in das Innere der Blüten einzudringen), daß diese bereits ausgenutzt waren, worauf sie sich in die Luft erhob und davonflog.

In der Fig. 25 gebe ich einige Abbildungen der Öffnung (o) in den Blütenkronen von *Melampyrum nemorosum* von einer und derselben Pflanze. Man bemerkt un-

schwer, daß die Gestalt dieser Öffnungen eine verschiedene ist. Zieht man ferner in Betracht, daß die Ränder einiger Öffnungen vertrocknet sind und sich in Gestalt und Umfang nicht verändern konnten, ferner daß die Hummeln, indem sie ihren Rüssel durch diese Öffnung in den dahinter befindlichen Honig-

behälter stecken, gar nicht im stande sind, deren Gestalt zu verändern, endlich daß die Öffnung in solchen Blüten, welche von den Hummeln sofort, nachdem sie sich ihnen genähert hatten, ohne den geringsten Versuch, sich davon zu überzeugen, ob die Blüten Honig enthalten oder nicht —, wieder verlassen worden waren, daß diese Öffnungen, sage ich, nicht selten von den Spitzen der Kelchblätter bedeckt sind, — so wird man begreifen, daß das Sehvermögen bei der Entscheidung der Frage, ob die betreffende Blüte Honig enthält oder nicht, keinerlei Anteil hat.

Gleichzeitig ersieht man hieraus, daß diese Frage von den Hummeln vermittelt des Geruchsvermögens entschieden wird, wobei sie jedoch genötigt sind, ganz dicht an die Blüte heranzufliegen.

Wir wenden uns nunmehr zu der Frage über die psychische Natur derjenigen Handlungen, welche die Hummeln, um die Arbeit und Zeit bei der Gewinnung des Honigs zu verkürzen, bei dem Durchnagen einer Öffnung in den Blütenkelchen ausführen.

Perez¹ erklärt die psychologische Bedeutung dieser Erscheinungen, indem er die bekannten Beobachtungen und Ansichten Darwins in dieser Frage anführt, auf folgende Weise:

„Les animaux, en opérant ainsi, n'agissent pas simplement sous l'impulsion de l'aveugle instinct. Ils font assurément preuve d'intelligence. On n'en peut douter, quand il s'agit de tirer parti du labeur d'autrui. Et pour celui que l'insecte exécute lui même, le raisonnement est manifeste.

Nous venons de dire, que le bourdon est parfaitement capable de s'emparer du nectar du trèfle rouge. Il troue cependant cette fleur quand elle est en grand nombre. Quel en peut être le motif? Il n'y a que l'économie du temps. Il est avantageux pour le bourdon et aussi pour l'abeille de visiter en un temps donné le plus de fleurs possible. Une fleur trouée exige moins de temps pour être épuisée de son nectar qu'une fleur non perforée, et l'abeille peut plus tôt passer de cette fleur à une autre. Darwin a fréquemment observé, dans plusieurs espèces de fleurs, que la perforation une fois effectuée, abeilles et bourdons suçaient à travers ces perforations et allaient droit à elles, renonçant au procédé ordinaire, et

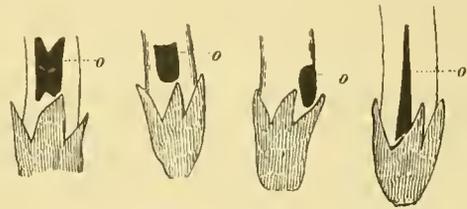


Fig. 25. o – Öffnungen, welche von den Hummeln in den Blütenkronen von *Melampyrum nemorosum* zur Gewinnung des Nektars angebracht wurden.

¹ loc. cit.

finissaient même par prendre une telle habitude d'user de ces trous, que, lorsqu'il n'en existait pas dans une fleur, ils passaient à une autre, sans essayer d'introduire leur trompe par la gorge.

Ainsi un premier acte d'intelligence pousse ces insectes à trouser les corolles tubuleuses, alors même que la longueur du tube n'exige pas cette perforation; un second effet de leur raison leur apprend qu'il y a avantage à user de cette perforation, une fois produite par d'autres; un troisième acte intellectuel leur fait adopter ce mode de visite, et les fait renoncer au mode ordinaire et normal.“

„Même chez les animaux haut placés dans la série comme les singes, remarque Darwin, nous éprouverions quelque surprise à apprendre que les individus d'une espèce ont, dans l'espace de vingt quatre heures, compris un acte accompli par une autre espèce, et en aient profité.“

„Nous sommes bien loin de cet instinct aveugle, inconscient, immuable, que certains naturalistes attribuent aux animaux, et plus particulièrement aux insectes, leur refusant par suite tout acte relevant de l'intelligence. Nous ne voyons d'aveugle ici que l'esprit de système, l'homme et non la bête.“

Mit der gleichen Überzeugung, mit welcher Perez von der Blindheit derjenigen Menschen spricht, welche das Vorhandensein einer Gabe des Verstandes bei den gesellig lebenden Insekten leugnen, behaupte ich, und zwar auf Grund derselben Erscheinungen, von welchen die Rede ist, daß sowohl in diesem Falle, wie überhaupt immer, eine Beurteilung der Tätigkeit von Insekten ad hominem dem Urteile eines Blinden über Farben gleichzustellen ist.

Bereits wiederholt mußte ich auf Irrtümer in den Anschauungen des großen Biologen des XIX. Jahrhunderts, Ch. Darwin, über die Natur der psychischen Fähigkeiten bei den wirbellosen Tieren, über die Eigenschaft der Instinkte und über deren Entstehung, hinweisen. In allen diesen Fragen sind die von ihm begangenen Irrtümer um so größer, je mehr er sich bei seinen Schlußfolgerungen auf fremde Beobachtungen verlassen hat. Und doch war er gezwungen, von solchen recht häufigen Gebrauch zu machen. Leider war der größte Teil dieses Materiales von Naturfreunden, nicht aber von Naturforschern, gesammelt worden, weshalb die verschiedenen Erscheinungen einzig und allein mit Hilfe der subjektiven Methode erkannt wurden, einer Methode, nach welcher die Handlungen der Tiere mit dem Maße der menschlichen Psyche bemessen wurden.

Um nicht dasselbe zu wiederholen, was ich aus dieser Veranlassung schon mehrfach ausgesprochen habe, verweise ich die Leser auf meine früheren Arbeiten: „L'industrie des Araneina“, „Die biologische Methode in der Zoopsychologie“ (Tiré des „Travaux de la Soc. Imp. d. Natural. de St. Pétersbourg. T. XXXIII. fasc. 2, russisch), „Zoopsychologische Fragen“ (Moskau 1896, russisch). An dieser Stelle will ich mich auf Erwägungen beschränken, welche ausschließlich die Hummeln betreffen.

Vor allem möchte ich betonen, daß schon in der Formulierung der Frage selbst eine grobe Ungenauigkeit enthalten ist: es sind nicht die Hummeln im allgemeinen, welche um an Zeit und Arbeit zu sparen, Öffnungen durch die Blütenkronen gewisser Gewächse nagen, wie dies in dem Zitat von Perez angegeben ist; in unserem Faunengebiet wenigstens und soviel ich auf Grund meiner eigenen Beobachtungen annehmen kann, besitzt nur eine Hummelart, und zwar *Bombus terrestris*, die Fähigkeit, die erwähnten Öffnungen anzufertigen.

Ich wenigstens habe noch nie beobachtet, daß *Bombus lapidarius*, *Bombus sylvarum* oder *Bombus muscorum* sich auf die Blüten von *Melampyrum nemorosum* setzten, welche ganze Waldwiesen wie mit einem dichten Teppich bedeckten. Ich habe diese Arten stunden-

lang beobachtet und habe nur ein einziges Mal gesehen, wie ein Exemplar von *Bombus muscorum* sich auf eine Blüte dieser Pflanze niederließ, den Versuch machte, auf die gewöhnliche Art und Weise durch die Blütenkrone in den Honigbehälter einzudringen und nachdem dieser Versuch mißlungen war, davonflog. Keine einzige dieser Hummeln setzte sich an den basalen Teil der Krone der genannten Blüten, an welchen sich Öffnungen befanden und wohin *Bombus terrestris* in Massen geflogen kam. Dieser Erscheinung kommt, wenn sie durch andere Beobachtungen bestätigt wird, meiner Ansicht nach eine ungeheure Bedeutung zu.

Wie könnte man dann in der Tat erklären, warum Insekten einer und derselben Gattung, welche eine sehr übereinstimmende Lebensweise führen und die gleichen Instinkte und Angewohnheiten besitzen, sich durch ihre geistigen Fähigkeiten so stark voneinander unterscheiden? Die Art *Bombus terrestris* erweist sich als befähigt, komplizierte Vernunftschlüsse zu konstruieren, während die übrigen Arten nicht nur außer stande sind, selbst irgend welche derartige Schlüsse zu ziehen, sondern nicht einmal dazu befähigt sind, zu verstehen, wie sie die Resultate eines bereits ausgeführten Vernunftsschlusses für sich verwenden könnten. Die eine Hummelart hat überlegt, einen Vernunftsschluß gezogen und gehandelt, während eine andere im Verlaufe vieler Jahrhunderte nicht begreifen lernt, daß durch eine fertige Öffnung der Zugang zum Honigbehälter für jede beliebige andere Hummelart in gleicher Weise erleichtert wird, wie für *Bombus terrestris*. Dieser Umstand gestattet es nicht mehr, allgemeine Betrachtungen über die Erscheinung anzustellen, wie dies von Herrn Perez u. a. m. so weitläufig geschieht, sondern ich erblicke darin eine ganz neue Tatsache, welche den Sinn der die fragliche Erscheinung unrichtig wiedergebenden Definition vollständig verändert.

Doch damit nicht genug.

Unterwerfen wir die Blüten von *Melampyrum nemorosum* einer genaueren Untersuchung.

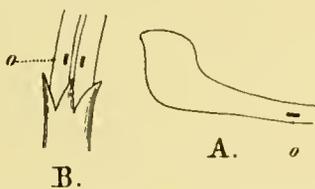


Fig. 26. o — durchbissene Stellen in der Krone einer noch nicht geöffneten Blüte von *Melampyrum nemorosum*.

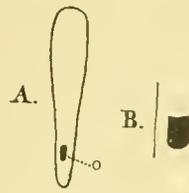


Fig. 27. o — Eine Öffnung, welche an einer noch verschlossenen Blütenkrone von *Melampyrum nemorosum* angebracht wurde (in Fig. B vergrößert).



Fig. 28. Öffnungen, welche an solchen Stellen der Blüte angebracht wurden, wo sie gar keine Bedeutung haben können.

Bereits an den ersten zehn Exemplaren kann man sich leicht davon überzeugen, daß eine Öffnung nicht nur an denjenigen Blüten vorhanden ist, welche sich vollständig erschlossen haben und Honig enthalten, sondern auch an noch ganz geschlossenen Blüten, welche sich vielleicht erst nach einem, zwei oder mehr Tagen öffnen werden.

Auf der Fig. 26 (A — seitlich, B — en face) sehen wir eine solche Blüte, welche noch keine richtige Öffnung besitzt, an welcher jedoch rechts und links von der Rippe ganz deutlich ein mittelst der Kiefern ausgeführter Biß zu sehen ist (Fig. 26 B. o).

Auf Fig. 27 A sehen wir an einer anderen, ebenfalls noch nicht erschlossenen Blüte

nicht mehr eine nur durchbissene Stelle, sondern eine bereits fertige Öffnung von der gewohnten Gestalt (Fig. 27 B — die Öffnung vergrößert).

Wovon legen nun diese Erscheinungen Zeugnis ab?

Augenscheinlich davon, daß die Hummeln die Blüten durchnagen, ohne einen Begriff davon zu haben, ob dieselben Honig enthalten oder nicht; mit anderen Worten, sie durchnagen die Blütenkrone bereits zu einer Zeit, wo noch keinerlei Veranlassung zur Aufstellung eines Vernunftsschlusses, betreffend die Zweckmäßigkeit ihrer Arbeit, vorliegt. Man wird ja in der Tat nicht voraussetzen können, daß die Hummeln befähigt seien, etwa folgende Betrachtung anzustellen: „Diese Blüte ist noch nicht zur vollen Entwicklung gelangt und enthält keinen Honig; immerhin will ich eine Öffnung anbringen, um das Eindringen zum Honig zu erleichtern, wenn auch nicht mir, so doch irgend einer von meinen Genossinnen.“

An der Hand dieser Erscheinung werden wir offenbar an der Formel Darwins eine weitere Korrektur vornehmen müssen, so daß dieselbe in ihrer endgültigen Gestalt folgendermaßen lauten wird: *Bombus terrestris* und seine Varietäten (nicht aber die Hummeln überhaupt) besitzt den speziellen Instinkt, in der Blütenkrone gewisser Blumen Öffnungen anzubringen, ohne Rücksicht darauf, ob diese Blüten Honig enthalten oder nicht (aber durchaus nicht zu dem Zwecke, um den Zugang zu dem Honig zu erleichtern), obgleich diese Öffnung den Hummeln späterhin beim Einsammeln des Honigs von Nutzen sein kann.

Auf welche Weise konnte sich nun ein so merkwürdiger Instinkt herausbilden? Offenbar auf demselben Wege, wie ein jeder andere Instinkt, d. h. durch ein zufälliges Abweichen von den Gewohnheiten, welches sich für die Art als vorteilhaft erwies.

Daß dem auch in der Tat so ist, davon überzeugen uns wiederum die Blumen, und zwar solche, in denen der Biß nicht an derjenigen Stelle angebracht ist, wo er dem Zwecke dient, für welchen er bestimmt ist, sondern an einer solchen Stelle, wo er gar keine Bedeutung hat und ganz sinnlos erscheint, wie wir dies auf der Fig. 28 sehen. Dieser interessante Fall weist gleichzeitig auch auf die Entwicklungsgeschichte dieses speziellen Instinktes einer speziellen Gruppe der Hummeln hin. Anfänglich wurde das Durchbeißen nicht an derselben Stelle wie gegenwärtig ausgeführt, sondern an einem beliebigen Punkte, später dagegen hat sich der durch die Auslese unterstützte Instinkt in der Weise fixiert, wie wir ihn noch jetzt sehen. — ähnlich wie die Stiche der solitären Wespen anfänglich wahrscheinlich ganz sinnlos, späterhin unregelmäßig ausgeführt wurden und erst zuletzt ausschließlich die Ganglien des Nervensystems trafen.

Die Richtigkeit dieser Voraussetzung wird nicht nur durch den interessanten Fall eines offenbar noch nicht festgelegten Instinktes, von welchem ich soeben gesprochen habe (Fig. 28), sondern außerdem auch noch durch folgende Erwägung nachgewiesen.

Eine Menge Beobachtungen über Hummeln aller Arten beweisen uns, daß diese Insekten die Fähigkeit besitzen, mit Hilfe ihres Geruchssinnes festzustellen, ob eine Blüte Honig enthält oder nicht; in letzterem Falle verlassen sie die Blüte unverzüglich und fliegen weiter.

Die einzige „Ausnahme“ in den Erscheinungen dieser Kategorie bilden jene Fälle, wo *Bombus terrestris* noch unentwickelte Blüten derjenigen Pflanzenarten besucht, bei welchen sie die Blütenkronen zu durchnagen pflegen: hier fliegen sie nicht nur nicht fort, nachdem sie keinen Honig gespürt haben, — in einer unentwickelten Blüte kann das Vor-

handensein von Honig, selbst wenn solcher anwesend wäre, nicht festgestellt werden —, sondern sie beginnen sogar die Blütenkrone zu durchnagen. Diese „Ausnahme“ bildet natürlich gar keine Ausnahme, sondern sie stellt eine Neubildung dar, welche mit der Psychologie bereits seit langer Zeit eingebürgerter, das Einsammeln von Nahrung durch die Hummeln begleitender Handlungen durchaus nichts zu tun hat.

Hierdurch erklärt sich natürlich auch der Umstand, woher wir diese Neubildung ausschließlich nur bei einer Gruppe der Hummeln und nicht bei allen beobachten, und woher dieser Instinkt bei dieser Gruppe mit allen übrigen, die Nahrungsgewinnung begleitenden und für alle Hummeln gemeinsamen Instinkten im Widerspruche steht.

Kapitel IV.

Die Psychologie des Ausfluges der Hummeln aus dem Neste und ihrer Rückkehr in dasselbe.

Inhalt des Kapitels. Angaben in der Literatur: G. W. u. El. Peckham; P. Marchal; E. Marchand; Bouvier; Fabre; Bethe.

Meine Untersuchungen:

- A) Beobachtungen über das Zurückkehren in das Nest vermittelt Laufens.
 - B) Beobachtungen über den Abflug vom Neste und den Rückflug zu demselben.
 - a) Beobachtungen im Zwinger. Die Wege des Ab- und Heimfluges prägen sich dem Gedächtnisse der Hummeln in verschiedener Weise ein und werden unabhängig von einander im Gedächtnisse behalten.
 - b) Beobachtungen über den Abflug der Hummeln und deren Zurückkehren in das Nest in der Freiheit. Die Hummeln prägen sich die Anordnung der Gegenstände in der Form ein, wie sie ihnen bei der Rückkehr erscheinen wird, nicht aber so, wie sie sich bei dem Abfluge aus dem Neste darstellt.
- Die Kategorien von Tatsachen, welche die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung feststellen. Die Tatsachen einer dieser Kategorien beweisen überdies, daß die Hummeln die Wege des Abfluges unabhängig von denen der Rückkehr im Gedächtnis behalten, daß beide Wege keinerlei Beziehungen zu einander haben, und daß dieselben zwei selbständige psychische Akte darstellen.
- Die Mittel zur Einprägung der leitenden Punkte bei dem Abfluge behufs Ermöglichung der Rückkehr in das Nest. Die Sphäre des Sehens und die Sphäre des Unterscheidens der Gegenstände (nach Farbe und Gestalt). Der Richtungssinn im Prozesse des Abfluges der Hummeln und ihrer Rückkehr in das Nest von dem Fundorte der Tracht. Allgemeine Charakteristik dieses Prozesses nach dessen grundlegenden Momenten auf der gesamten Strecke des Weges und die biologische Bedeutung dieser Momente des Prozesses.
- c) Psychologie des Abfluges und der Rückkehr der Hummeln auf Grund des dargelegten Materiales.

Die in diesem Kapitel zu untersuchenden Erscheinungen umfassen eine ganze Reihe von Fragen, welche zum Teil mit der Funktion der Sehorgane der Hummeln in Verbindung stehen, insofern dieselbe als ein die Hummeln bei ihrem Abfluge und bei der Rückkehr in das Nest leitender Faktor erscheint, zum Teil aber mit jenem Gebiete der Psyche der Insekten, welches mit den Erscheinungen des Abfluges und der Rückkehr in das Nest zu tun hat, und endlich mit der Fähigkeit der Hummeln, ihr Nest, als einen die Summe der ihm eigentümlichen Merkmale umfassenden Gegenstand, zu erkennen.

Über die Frage, was bei den Insekten als Mittel zur Orientierung bei dem Fluge dient, gibt es eine ganze Literatur, welche bezüglich ihrer Schlußfolgerungen nach zwei einander entgegengesetzten Gesichtspunkten über diesen Gegenstand geordnet werden kann: Nach

der Ansicht der einen Autoren dienen den Insekten als Mittel zur Orientierung ihre Augen und das Gedächtnis, oder, mit anderen Worten, der Vorgang des Abfluges und des Heimfluges ist der Prozeß einer hoch entwickelten Psyche. Nach der Ansicht der anderen verhält sich die Sache genau umgekehrt, indem nämlich dieser Prozeß nichts Psychisches in sich einschließt.

G. W. und El. Peckham¹ vermuten, daß die Hymenopteren durchaus nicht infolge eines besonderen Richtungssinnes in das Nest zurückkehren, sondern ausschließlich dank ihrer Sehorgane und ihres Gedächtnisses. Diese Ansicht begründen die genannten Autoren auf Ergebnissen von Beobachtungen, durch welche nachgewiesen wird, daß z. B. die *Sphegidae*, welche zuerst ihren Gang graben und dann erst die Beute herzutragen, nach Beendigung der Arbeit die Umgebung ihres Nestes erst aufmerksam betrachten, ehe sie nach Beute fliegen: sie prägen die Lage ihres Nestes dem Gedächtnisse ein. Meist beschreiben sie, indem sie sich allmählich von ihrem Bau entfernen, mehrere Kreise; in anderen Fällen führen sie mehrere Zick-Zack-Linien in der unmittelbaren Nähe über dem Baue aus; bisweilen fliegen sie von dem letzteren fort, um sich irgendwo in der Nachbarschaft niederzulassen und kehren sodann zu ihrem Neste zurück; sodann fliegen sie von neuem nach einer anderen Seite fort u. s. w. Späterhin beschränken sie sich auf wenige eilige Kreise und fliegen geradeaus. Ein besonders aufmerksames und eingehendes Studium widmen diese Wespen der Umgebung bei ihrem ersten Ausfluge.

Gibt man der nächsten Umgebung des Nestes ein verändertes Aussehen, so bemerkt das zum Neste zurückkehrende Insekt das Vorgefallene und es kommt vor, daß es dann seinen Bau gar nicht betritt.

Eine Bestätigung der aus ihren Beobachtungen gezogenen Schlußfolgerungen, daß die zum Neste zurückkehrenden Insekten durch ihr Sehvermögen und geistige Fähigkeiten (intelligence) geleitet werden, sehen G. W. und El. Peckham in jenen Fällen, wo die Wespen sich bei dem Aufsuchen ihrer Nester irren, wodurch sie in die Notwendigkeit versetzt werden, mehr oder weniger langwierige Nachforschungen nach ihrem Neste anzustellen.

Eine der Schlußfolgerungen dieser Autoren bezüglich der in Rede stehenden Frage ist unter anderem die Bestätigung dafür, daß die Idee von den „wunderbaren“ Eigenschaften bei den Insekten (dem Richtungssinn) — auf einem Irrtum beruhe.

Zu demselben Schlusse gelangt auch P. Marchal², welcher die Rückkehr in das Nest bei *Pompilus sericeus* beobachtete und zu dem Schlusse kam, daß dieses Insekt bei seinen Handlungen sich durchaus nicht von dem Richtungssinne leiten läßt, sondern „uniquement en tirant parti dans la mesure de ses moyens fort imparfaits, des données, qui lui sont fournies par la vue et par la mémoire“.

Zu einem analogen Schlusse gelangt auch E. Marchand³. Dieser Autor beobachtete eine *Bembex*, welche ihr Nest angelegt hatte „auprès d'un pied de *Vincetoxicum*, à peu de distance d'un vieux moulin. Comme il vient d'en sortir pour aller en chasse, M. arrache le *Vincetoxicum* et le replante à 0,60 m. environ. L'Hyménoptère revient chargé

¹ On the instincts and habits of the solitary Wasps. (Wisc. Geol. and Nat. Hist. Survey Bull. 1898, II.)

² Le retour au nid chez le *Pompilus sericeus* (C.-R. Soc. Biol. LII. 1900).

³ Sur le retour au nid de *Bembex rostrata* Fabr. (Bull. Soc. Sc. nat. Ouest X, 1900.)

d'une proie, s'abat près du *Vinctoxicum*, cherche, s'agite, paraît fort désorienté. M. le met en fuite, replace la plante à sa première place et attend. Au bout de cinq minutes, l'insecte revient, s'abat de nouveau au près de la plante et cette fois trouve son nid. C'est la démonstration formelle d'une mémoire précise et de l'utilisation de repaires pour retrouver le nid. Le vieux moulin servait sans doute de repaire pour les grandes distances.“

Dieser Kategorie von Schlüssen schließen sich auch noch viele andere Autoren an, von welchen ich noch Bouvier nennen möchte, welcher Beobachtungen über die Rückkehr in das Nest bei einer anderen Art von *Bembex* angestellt hat.¹ Er schreibt folgendes: „Un terrier de *Bembex calciatus* étant abrité par une pierre plate et blanche d'un décimètre environ que l'insecte est obligé de contourner pour rentrer dans son nid, l'auteur déplace la pierre et la transporte à deux décimètres environ. Or, l'hyménoptère chargé de sa victime revient bientôt et, sans hésitation appréciable, va s'abattre sur le bord de la pierre, c'est à dire à deux décimètres de son terrier, puis se met à fouir comme s'il s'était trouvé à la bonne place. La pierre ayant été remise au lieu où elle était d'abord, l'insecte retrouve aussitôt l'entrée de son logis. Si la pierre est au-dessous d'une certaine taille, elle n'a plus d'influence, et l'insecte se repaissant sans doute sur des accidents locaux plus importants, n'en tient plus compte.“

Aus diesen seinen Beobachtungen zieht der Autor den Schluß, daß das Einprägen der Gegend und der Gesichtssinn als die hauptsächlichsten, wenn nicht als die einzigen leitenden Faktoren erscheinen, deren sich die Insekten bei der Rückkehr in das Nest bedienen.

In ganz abweichender Weise werden diese Dinge von einer anderen Gruppe von Naturforschern aufgefaßt.

Fabre², welcher durch seine sorgfältigen und ein hohes Interesse verdienenden Beobachtungen über das Leben der Insekten bekannt ist, hat in seiner Lebensbeschreibung von *Cerceris* der Frage über die Rückkehr in das Nest bei diesen Insekten einen ganzen Abschnitt gewidmet. Er teilt eine ganze Reihe geistreicher Beobachtungen über ihre Rückkehr zum Neste mit, nachdem er sie 2—3 Kilometer weit von dem Standorte des Nestes fortgetragen hatte und beschließt die Beschreibung dieser Versuche mit folgenden Worten: „eine Entfernung von drei Kilometern, eine Stadt mit ihren Häusern, Dächern, rauchenden Schornsteinen, Dingen, welche diesen Dorfbewohnerinnen so neu sind, konnten kein Hindernis für deren Rückkehr in das Nest bilden. Man kann vermuten, daß die Insekten sich nicht einfach durch das Gedächtnis, sondern durch irgend eine andere Fähigkeit leiten lassen, welche uns abgeht.“

Diese „rätselhafte Begabung“ der Insekten, wie Fabre sich ausdrückt, ist eben der „Richtungssinn“ der Autoren.

Ganz besonders lehrreich sind die Versuche Fabres über die Rückkehr in das Nest bei *Bembex*, dem Insekt, an welchem auch E. Marchand und Bouvier ihre Beobachtungen angestellt haben.

Die Beobachtungen und Versuche von Fabre beweisen, daß *Bembex* auch dann direkt und ohne Schwankungen in sein Nest zurückkehrt, wenn das letztere mit einem Steine oder einem Häufchen Mist bedeckt wird, wie dies von dem Beobachter getan wurde; weder die neue Gestalt der auf das Nest gelegten Gegenstände, noch deren Färbung können jene Regelmäßigkeit beeinflussen, mit welcher das Insekt sich bei der Rückkehr mit Beute auf

¹ Le retour au nid chez les Hyménoptères prédateurs du genre *Bembex*. (C.-R. Soc. Biol. 1900).

² Souvenirs Entomologiques.

sein Nest niederläßt; das Insekt setzt sich in die Mitte des aufgeworfenen Haufens, gräbt darin und findet sofort den Eingang zu seinem Wohnorte.

Weitere Versuche von Fabre beweisen mit größter Klarheit, daß der Geruchssinn bei der Feststellung der Lage des Nestes durchaus keine Rolle spielt.

Nicht minder lehrreich sind die Beobachtungen von Fabre über die Rückkehr in das Nest bei *Chalicodoma*. Er trug diese Insekten weit von ihrem Neste weg in ein Waldesdickicht, aus welchem er sich selbst die erste Zeit hindurch nur mit Hilfe eines Kompasses herausfinden konnte; er transportierte sie auf weite Entfernungen vom Neste an einen solchen Ort, welcher von dem Neste durch Hügel, Wälder u. s. w. getrennt war. Nachdem die freigelassenen Insekten einige Kreise beschrieben hatten, flogen sie in der Richtung nach dem Neste davon, als hätten sie sich nach einem Kompaß gerichtet.

Zu analogen Schlußfolgerungen gelangen mit Fabre noch viele andere Forscher, darunter auch Bethe¹. Die Befähigung der Bienen, zu ihrem Stocke zurückzukehren, erklärt dieser Autor auf folgende Weise. Er setzt voraus, daß ein jeder Stock eine spezielle flüchtige Substanz abscheidet, welche im stande ist, die Bienen auf Entfernung anzulocken, mit anderen Worten, daß die Rückkehr der Bienen in ihren Stock als eine spezielle Form von Chemotropismus der Bienen angesehen werden kann. Indem Bethe jedoch in Betracht zieht, daß die Bienen Tiere der Luft sind und daß sie sich in fortwährender Bewegung befinden, erscheint es ihm schwierig, die Frage endgültig zu beantworten, um so mehr da die Bienen nach seiner Ansicht sich durch ein Etwas leiten lassen, was nicht dem Stocke angehört, indem dieses Etwas sie nicht zu dem Stocke selbst führt, sondern zu jenem Orte, wo er sich befindet und zu welchem sie auch noch geflogen kommen, nachdem der Stock von seinem Platze entfernt worden ist.

Schließlich verzichtet der Autor darauf, die Natur jenes „quid ignotum“ zu erklären, welches den die Bienen leitenden Faktor ausmacht, und beschränkt sich auf die Vermutung, daß die Bienen durch eine uns gänzlich unbekannte Kraft zu dem Stocke hingezogen werden, welche jedoch allem Augenscheine nach nichts Psychisches an sich hat.

Nach diesen in der einschlägigen Literatur enthaltenen Angaben gehe ich nunmehr zu meinen Beobachtungen an Hummeln über, durch welche der Beweis erbracht wird, daß die Wahrheit in der Mitte zwischen beiden einander entgegengesetzten Ansichten liegt, welche einander übrigens gegenseitig nicht ausschließen, wie wir später sehen werden.

Die Beschreibung meiner Beobachtungen beginne ich mit denjenigen, welche ich über die Rückkehr der Hummeln vermittels Laufens angestellt habe.

A) Die Rückkehr der Hummeln in ihr Nest vermittelt Laufens.

Diese Beobachtungen, welche an frei lebenden Tieren angestellt wurden, bestanden darin, daß ich eine beliebige Hummel fing, ihr die Flügel abschnitt und sie in einige Entfernung vom Neste setzte. Alle diese Versuche brachten mich zu der Schlußfolgerung, daß die Hummeln einen Richtungssinn in Gestalt eines besonderen, den uns bekannten Organen nicht entsprechenden Sinnes, nicht besitzen: die Hummeln fanden den Weg

¹ Alb. Bethe. Dürfen wir Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? Arch. f. ges. Physiol. LXX.

nach Hause nicht. Die Fig. 29 zeigt uns eine dieser Beobachtungen: N = Nest von *Bombus terrestris*; A = Stelle, wo die Hummel auf die Erde gesetzt wurde; A—B = Richtung ihres Weges.



Fig. 29.

Die Sache ändert sich einigermassen, aber nicht bedeutend, wenn man Beobachtungen über das Laufen der Hummeln vom Neste nach dem Futter auf geringe Entfernungen, z. B. in einem Zwinger, anstellt. Solche Beobachtungen führte ich an einer isolierten Hummel aus, welche als erste aus der ersten Wabe herausgekrochen war, nachdem das Weibchen aus dem Neste genommen wurde. Diese Hummel wurde ausschließlich ihrer eigenen Kraft und Befähigung überlassen und in einem Zwinger untergebracht, in dessen einer Ecke eine Wabe (Fig. 30 ga), in einer anderen ein Schächtelchen mit Bienenhonig (me) aufgestellt war.

Nachdem die Hummel am zweiten Tage auf dem Wege A—B zufällig zu dem Honig (me) geraten war und von demselben genossen hatte, kehrte sie nicht direkt, sondern in der Richtung des Pfeiles nach der Wabe zurück. Die Hummel bewegte sich auf dem Rückwege längs der Linie a—b unter trockenen Blättchen, mit welchen der Boden des Kastens bestreut war, und welche sie offenbar für ihr Nest ansah (die Blättchen waren auch wirklich ihrem Neste entnommen worden); nachdem sie die gegenüberliegende Wand erreicht hatte, machte die Hummel Halt und schlug dann den Weg in der Richtung der Linie b—c ein. Bei c angekommen, kroch sie etwas nach oben und wanderte dann längs der Linie c—d—e. Von hier kehrte sie um, korrigierte ihre Richtung aber bald, indem sie aufhörte, längs der Wand zu gehen, wandte sich längs der Linie e—g dem Innern des Kastens zu und begann hier nach der Wabe zu suchen, welche sie denn auch nach vielem Herumirren endlich fand.



Fig. 30.

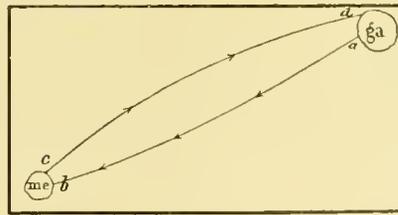


Fig. 31.

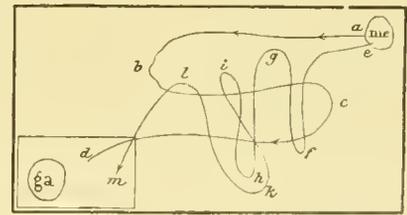


Fig. 32.

Aus diesen und anderen analogen Beobachtungen können wir folgende Reihe von Schlüssen ziehen.

Eine Hummel, welche zum ersten Male in ihrem Leben selbst Nahrung gefunden und davon genossen hat, kehrt zur Wabe zurück, von welcher sie ausgegangen ist, um die Nahrung zu suchen. Der Rückweg zu den Waben steht in gar keiner Beziehung zu dem Wege von den Waben, mit Ausnahme der allgemeinen Züge, welche mit der Richtung nach vorwärts und nach rückwärts im Zusammenhange stehen. Ihre Spuren erkennt die Hummel auf dem Wege nicht, und erinnert sich ihrer nicht. Sie kehrt nicht in gerader Linie zum Neste zurück, wenn sie nicht durch äußere Umstände, z. B. durch Kastenwände, dazu gezwungen wird; veranlassen diese Wände jedoch die Hummel eine Richtung einzuschlagen,

welche derjenigen zu den Waben entgegengesetzt verläuft, so verläßt die Hummel die Wand, längs welcher sie ging, und bewegt sich nach dem Inneren des Kastens zu. Bei diesen Nachforschungen spielt der Geruchssinn in Bezug auf das Auffinden der Lage des Nestes gar keine Rolle, indem die Hummel sehr nahe an der Wabe vorbeigeht, ohne die Richtung, welche sie eben verfolgt, zu verändern.

Es unterliegt demnach keinem Zweifel, daß bei jenen Bedingungen, unter welchen diese Versuche ausgeführt wurden, ein „Richtungssinn“ nicht zum Vorschein kam. Erst nach langem Korrigieren, Umherirren und Sichbekanntmachen mit den auf dem Wege vom Neste zur Nahrung liegenden Gegenständen beginnen die Hummeln in einer bestimmten Richtung zum Honig und zurück zum Neste zu kriechen. Dies erfolgt jedoch sehr langsam, erst nach Ablauf von vielen Tagen. Auf der Fig. 31 ist ein solcher festgelegter Weg von der Wabe (ga) zum Honig (me) und zurück verzeichnet.

B) Beobachtungen über den Abflug der Hummeln vom Neste und über ihre Rückkehr.

Diese Beobachtungen entrollen vor uns eine Reihe von Erscheinungen, die unvergleichlich vielseitiger und psychisch komplizierter erscheinen, als das Laufen der Hummeln von einem Orte nach einem anderen, welche Fortbewegungsweise übrigens, im allgemeinen gesprochen, von diesen Insekten nur äußerst selten und in sehr beschränktem Umfange angewendet wird.

a) Beobachtungen über den Flug der Hummeln von den Waben zum Honige im Zwinger.

Dieser Flug stellt eine Erscheinung dar, welche dem Vorgange, welchen wir bei dem Hinüberlaufen der Hummeln von den Waben auf den Honig beobachtet haben, ganz ähnlich ist. Die Fig. 32 zeigt uns die zwei ersten Wege des Fluges von dem Honig (me) zu den Waben (ga): 1) a—b—c—d und 2) e—f—g—h—i—k—l—m. Beide Wege bestätigen nochmals, daß ein Richtungssinn bei den Hummeln, unter den gegebenen Bedingungen des Versuches, nicht zu Tage tritt; gleichzeitig beweisen diese Versuche, daß es den Hummeln im Kasten nicht gelingt, sich den Weg zu den Waben auf einmal einzuprägen. Endlich beweisen die beschriebenen Versuche noch, daß der Rückweg zum Neste, sowohl im Fliegen als auch im Kriechen, von den Hummeln als eine Sache für sich eingepägt wird, und keine Wiederholung des bei dem Ausfluge aus dem Neste zurückgelegten Weges darstellt; mit anderen Worten, es wird der Nachweis dafür geliefert, daß die Wege des Abfluges und des



Fig. 33. tr. ein Stück Erde; N.e. äußeres, N.i. inneres Nest; ga offene Waben; en. Flugloch; me. Honig.

Heimfluges voneinander verschieden sind und sich dem Gedächtnisse der Hummeln ganz unabhängig voneinander einprägen. (Die Wege aus dem Neste zum Honig sind auf der Figur nicht eingezeichnet worden, um die Linien nicht zu verwirren.)

Die Erscheinungen, durch welche die Richtigkeit der letzten Schlußfolgerung bewiesen wird, sind folgende:

Auf der Fig. 33 sehen wir ein Nest (im Durchschnitt) von *Bombus terrestris*; tr = das Stück Erde, auf welchem es sich befindet und mit welchem es in das Zimmer ver-

bracht wurde; Ne = äußeres, Ni = inneres Nest; ga = offene Waben; en = das nachgebliebene frühere Flugloch des Nestes; me = Bienenhonig in einem Schächtelchen; ab = der Weg, auf welchem die Hummeln aus dem Neste zu dem Honig fliegen, nachdem dieser Weg sich endgültig fixiert hat; cd = der Weg, auf welchem die Hummeln vom Honig zum Nest zurückkehren. Dieser letztere ist stets unveränderlich der gleiche. Diese Tatsache besitzt, wie wir später sehen werden, eine außerordentlich große biologische Bedeutung. Solange die Hummeln in Freiheit waren, kehrten sie durch das Flugloch in das Nest zurück, flogen aber durch dasselbe auch wieder heraus. In der Gefangenschaft begannen die Hummeln ihre Wanderungen durch den Kasten, indem sie von den Waben aus abflogen, da letztere (für die Beobachtung) geöffnet worden waren. Zufällig gerieten sie zu dem Honigvorrat; der von den Hummeln hierbei zurückgelegte Weg übte jedoch keinen Einfluß auf den Rückweg aus, obgleich er, wie man glauben könnte, der allernatürlichste gewesen wäre; später flogen sie von c nach d, obgleich die Rückkehr auf dem nämlichen Wege, von b nach a, am einfachsten erschienen wäre, allein die Hummeln halten sich bei dem Heimfluge an den Weg, welchen sie ganz unabhängig von dem Abflugswege kennen, d. h. an den Weg durch das Flugloch. Von Interesse ist der Umstand, daß die Hummeln, nachdem sie eine Handlung zum ersten Male ausgeführt haben, dieselbe das zweite Mal in gleicher Weise beginnen wie das erste Mal; was später erfolgt, kann einer Abänderung unterliegen, allein der Ausgangspunkt bleibt dauernd und unverändert bestehen.

Der Flug der Hummeln zum Honig bietet das erste Mal selbstverständlich nicht jene Regelmäßigkeit des Bogens a—b, wie sie bei späteren Flügen erreicht wird; die Richtung dieses Weges wird korrigiert und abgekürzt, allein der Ausgangspunkt der Bewegung, das Sicherheben von den Waben, ist von den Hummeln für alle Zeiten festgehalten worden, und um auf den Honig zu fliegen, benützten sie niemals die Ausgangsöffnung (en).

Diese Fähigkeit der Hummeln, sich den Weg des Abfluges unabhängig von dem Wege der Rückkehr einzuprägen, wie wir sie soeben in den engen Grenzen des Zwingers kennen gelernt haben, kann, wie ich bereits oben erwähnte, auch unter solchen Bedingungen beobachtet werden, welche denen des normalen Lebens in der Freiheit nahekommen.

b) Beobachtungen über den Abflug der Hummeln aus dem Neste im Freien und über ihre Rückkehr.

Wenn man den Abflug der Hummeln aus dem Neste im Freien beobachtet, so kann man sich unschwer davon überzeugen, daß dieser Abflug nicht nur das erste Mal, sondern auch die nachfolgenden Male eine ihrer psychologischen Bedeutung nach sehr komplizierte Erscheinung darbietet.

Eine Hummel, welche bei veränderter Umgebung vom Neste fliegt, bemerkt dieses sofort, wendet den Kopf dem Neste zu und beschreibt in dieser Lage, welche sie bisweilen verändert, im Fliegen eine Reihe von Schleifen, die bei den verschiedenen Individuen eines Nestes nicht identisch sind, und deren eine auf der Fig. 34 abgebildet ist.



Fig. 34.

Dabei kommt es öfters vor, daß die Hummeln auch später ihren Kopf nicht mehr von dem Neste wenden und rückwärts (den Kopf dem Neste zugewandt) davonfliegen.

Die Körperstellungen, welche von den Hummeln in dem Zwischenraume zwischen dem Neste, wenn dieses im Zimmer aufgestellt ist, und dem Fenster, durch welches sie

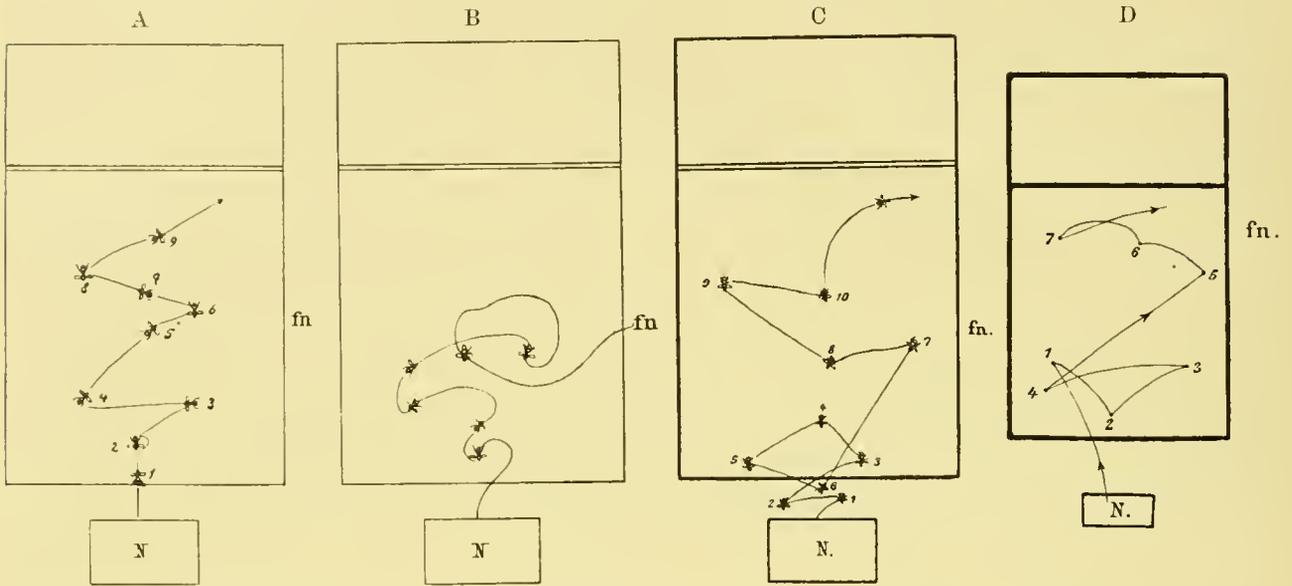


Fig. 35.

herausfliegen, eingenommen werden, sind unendlich mannigfaltig. Auf den Fig. 35 A, B, C, D sind vier solcher Abflüge, sowie die Haltung der Hummeln zwischen dem Neste (N) und dem Fenster (fn) genau wiedergegeben, (wobei auf der Fig. 35 D die Kreuzchen die Haltepunkte der Hummeln bezeichnen.) Dabei bleibt es jedoch nicht: nachdem sie durch das Fenster hinausgeflogen sind, setzen die Hummeln ihre genaue Untersuchung in ganz analoger Weise fort, indem sie das Fenster selbst und die dahinter liegenden Gegenstände in Augenschein nehmen. Die Fig. 36 A und B geben ein Bild dieses Vorganges. Auf diesen Figuren ist das

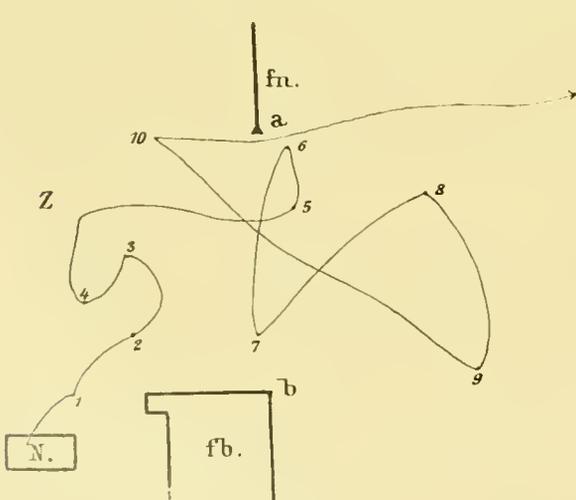


Fig. 36 A.

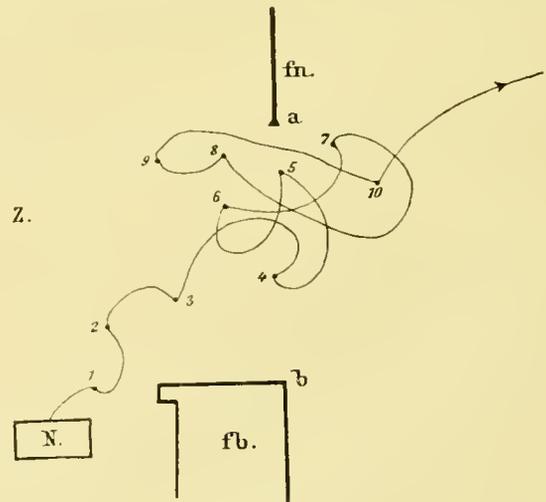


Fig. 36 B.

Fenster nicht wie auf den vorhergehenden Zeichnungen in der Front, sondern im Durchschnitte abgebildet. *fn* = der obere Teil des Fensters; *a—b* = Höhe des geöffneten Fensters; *fb* = Schnitt durch die Fensterbank und die Wand; *N* = Nest; *Z* = Zimmer. Die Hummel auf Fig. 36 A hatte hinter dem Fenster fünfmal Halt gemacht (die übrigen fünfmal im Fenster und im Zimmer). Es versteht sich von selbst, daß diese Aufenthalte nicht in einer Ebene, wie dies auf der Zeichnung abgebildet ist, sondern in verschiedenen Ebenen erfolgten.

Die Hummel auf Fig. 36 B hatte hinter dem Fenster 4 und vor dem Herausfliegen durch dasselbe sieben Haltepunkte.

Es kommt vor, daß die Hummeln, nachdem sie bis auf eine gewisse Strecke zum Fenster hinausgeflogen sind, wieder in das Zimmer zurückkehren und ihre genaue Besichtigung von neuem beginnen, wie dies auf Fig. 37 zu sehen ist. Bisweilen kehren die Hummeln selbst dann noch einmal zurück, um ihre Besichtigung wieder aufzunehmen, nachdem sie aus dem Fenster heraus schon so weit geflogen waren, daß der Beobachtende sie schon nicht mehr sehen konnte.

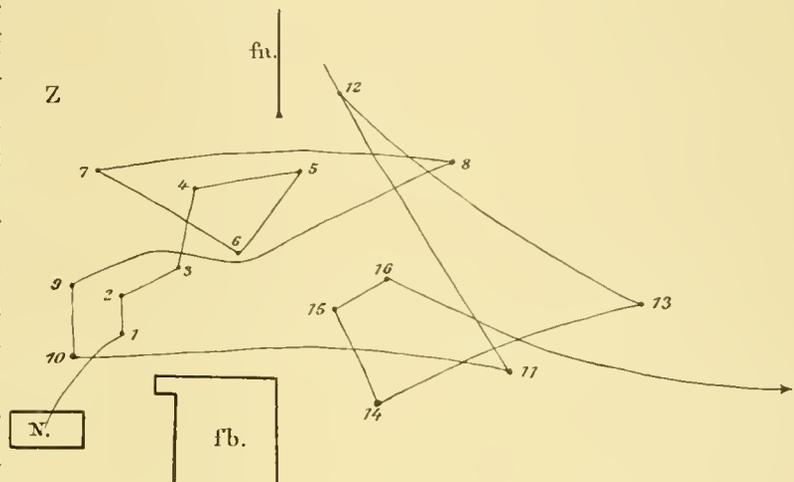


Fig. 37.

Diese ergänzende Besichtigung wird oft zweimal ausgeführt. Auf der Fig. 38 ist dieser letztere Fall wiedergegeben, wobei die Zahlen I, II die erste und die zweite Rückkehr der Hummel behufs Besichtigung des Nestes darstellen.

Bei dem ersten und zweiten Rückfluge machte die Hummel dreimal Halt, um die Richtung des Fluges zu verändern.

Die großen Weibchen prägen sich die Lage des Nestes, wenn sie es in der Gefangenschaft verlassen, ganz besonders sorgfältig ein.

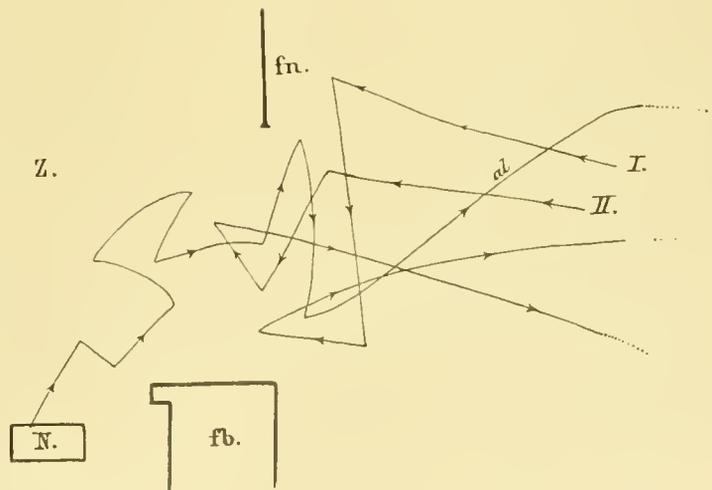


Fig. 38.

Was wird denn nun eigentlich dem Gedächtnisse eingepägt, und wie geht dieses Einprägen vor sich?

Wollte man die Beantwortung dieser Frage ad hominem vornehmen, so würde die Antwort nicht viel Kopfzerbrechen verursachen, allein wir werden auf anderem Wege an diese Beantwortung herantreten, und vor allem uns bemühen, über folgenden Punkt Auf-

klärung zu erhalten: Geht hier dasselbe vor sich, was wir bereits im kleinen bei der Beobachtung der Rückkehr und des Ausfluges im Zwinger gesehen haben, oder beobachten wir hier, unter Bedingungen, welche mit denen des Lebens in der Freiheit identisch sind, etwas anderes?

Auf diese grundlegende Frage in der Psychologie des Abfluges der Hummeln und ihrer Heimkehr in das Nest geben die Tatsachen folgende Antwort.

Ich muß daran erinnern, daß die Hummeln sich die Lage des Nestes stets auf die Weise einprägen, daß sie den Kopf demselben zuwenden, wie wir dies soeben gesehen haben. Nachdem sie in dieser Stellung einen Augenblick still gehalten haben, fliegen sie weiter, drehen sich nochmals nach dem Neste um, wiederholen dieses Manöver von neuem u. s. w. Bisweilen beschreiben sie dagegen eine ganze Reihe von Schleifen, ohne sich auch nur ein einziges Mal mit dem Kopfe von dem Neste abzuwenden, und fliegen rückwärts davon. Diese Tatsachen berechtigen uns zu der Annahme, daß sich irgend ein doppelter psychologischer Prozeß vor unseren Augen abspielt: offenbar können die Hummeln Gegenstände (und zugleich auch die Lage des Nestes, nicht bei jeder beliebigen Stellung ihres Kopfes (in Bezug auf die betreffenden Gegenstände) dem Gedächtnisse einprägen. Mit anderen Worten, die Eindrücke, welche die Hummeln von der Betrachtung der Gegenstände A und B aufnehmen, wenn der erste von ihnen sich rechts, der zweite dagegen links befindet, sind nicht identisch mit den von denselben Gegenständen erhaltenen Eindrücken, wenn diese Gegenstände sich den Augen in der umgekehrten Lage darbieten, d. h. wenn sich der Gegenstand A links und der Gegenstand B rechts befindet.

Von der Richtigkeit dieser für die Erklärung der Psychologie des Prozesses so wichtigen Voraussetzung werden wir durch vier Kategorien von Tatsachen überzeugt, und zwar:

a) Durch den direkten Versuch: der Beobachtende braucht sich nur bei den ersten Ausflügen der Hummeln aus dem Neste rechts von dem Fenster aufzustellen und, wenn der Ausflug vor sich gegangen ist, auf die linke Seite herüberzugehen und alsbald wird die „Unentschlossenheit“ der Hummeln sich auf das deutlichste offenbaren: die einen werden den Weg revidieren, indem sie das Fenster von außen besichtigen und erst dann in das Zimmer hereinfliegen, nachdem sie sich davon „überzeugt“ haben, daß der Weg richtig zurückgelegt worden ist, andere dagegen werden wieder fortfliegen.

b) Durch Tatsachen, welche beweisen, daß, wenn man die Hummel bei ihrem ersten Ausfluge aus dem an einer neuen Stelle befindlichen Neste daran verhindert, die Gegend in der Weise zu besichtigen, daß sie den Kopf dem Neste zuwendet, sie niemals zurückkehren wird.

c) Durch Tatsachen, welche uns beweisen, daß eine Hummel, der bei dem ersten Ausfluge aus dem an einer neuen Stelle befindlichen Neste erst dann die Möglichkeit geboten wird, die Besichtigung der Umgegend vorzunehmen, wenn sie bis auf eine (natürlich relativ) große Entfernung von demselben fortgeflogen ist, bei ihrer Rückkehr nur bis zu jener Stelle gelangen wird, von wo sie zum ersten Male die Möglichkeit hatte, die Besichtigung vorzunehmen.

In nachstehendem teile ich eine der vielen mir zur Verfügung stehenden und zu dieser Kategorie gehörigen Beobachtungen mit. Nachdem ein Nest aus dem Kasten, in welchem

es aus dem Walde gebracht worden war, in das Zimmer gesetzt wurde, flog eine Hummel um 10 Uhr vormittags aus; die Strecke A—B (Fig. 39) durchflog sie rasch und ohne Unterbrechung und bemerkte erst, als sie bei B angekommen war, daß die Umgebung für sie neu war, weshalb sie begann, eine Besichtigung a, b, c, d vorzunehmen. Das Nest wurde verdeckt, so daß keine weitere Hummel aus demselben herausfliegen konnte. Die bereits herausgeflogene Hummel flog nun 8 Stunden nacheinander in der Nähe des Fensters bis zu dem Punkte B herum, indem sie das Nest suchte, gelangte aber nicht weiter. Mit anderen Worten, sie erkannte den Weg nur bis zu derjenigen Stelle, von welcher aus sie ihre Besichtigung begonnen hatte. An diesem Tage stellte ich keine weiteren Beobachtungen an.

Am Morgen des nächsten Tages fand sich diese Hummel immer noch an demselben Fenster, durch welches sie aus dem Neste herausgeflogen war, und setzte ihre fruchtlosen Nachforschungen fort. Diese Tatsache ist auffallend und von höchstem Interesse.

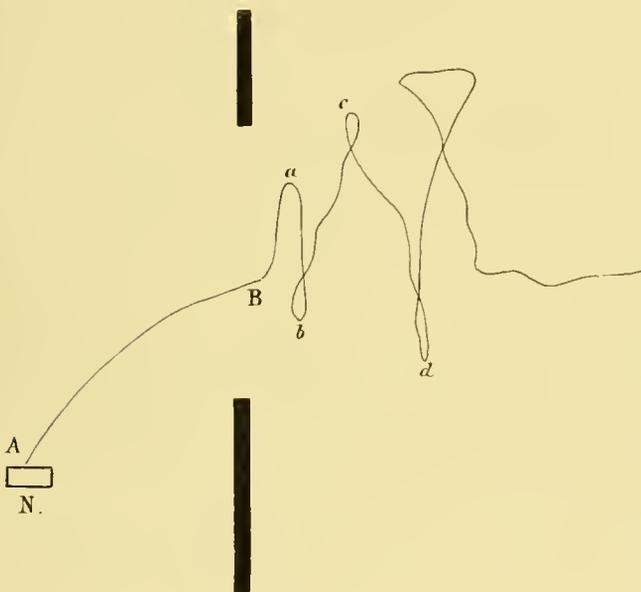


Fig. 39.

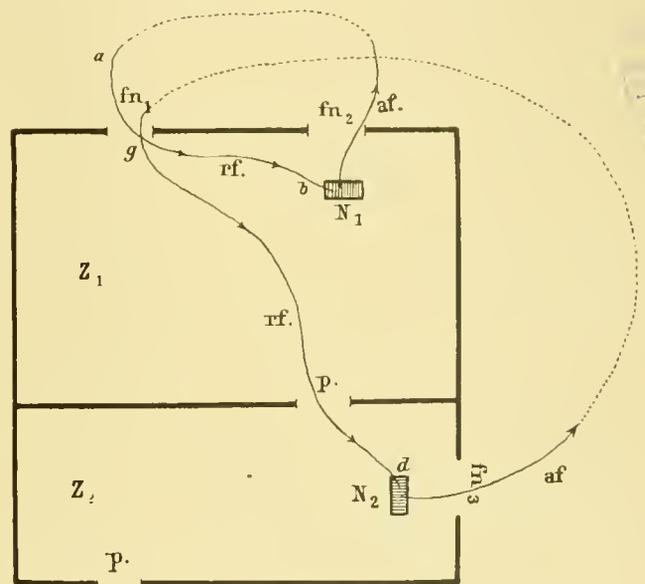


Fig. 40.

d) Die Richtigkeit der Voraussetzung, daß die Hummeln bei dem Abfluge die Gegenstände ihrem Gedächtnisse in der Form einprägen, wie sie sich ihnen bei der Rückkehr darbieten werden, wird durch eine Kategorie von Tatsachen nachgewiesen, welche Zeugnis davon ablegen, daß die Wege des Ausfluges und diejenigen der Rückkehr zwei vollständig selbständige psychologische Akte darstellen und dem Gedächtnisse unabhängig voneinander eingepägt werden. In nachstehendem teile ich einige dieser Tatsachen mit.

1. In dem Zimmer Z_1 (Fig. 40) befindet sich ein Nest N_1 gegenüber dem Fenster fn_2 . Wenn die gezeichneten Hummeln durch das Fenster fn_2 hinausgeflogen sind, schließe ich dasselbe. Bei ihrer Rückkehr fliegen die Hummeln an das geschlossene Fenster heran und sodann, nachdem sie mehrmals an dasselbe gestoßen sind, an das benachbarte, offene Fenster fn_1 . Nachdem sie in das Zimmer hereingeflogen sind, beginnen sie das Nest zu suchen und finden dasselbe nach vielen Bemühungen. Nachdem ich das Fenster hierauf geöffnet hatte, konstatierte ich, wie ich dies auch auf Grund vorhergegangener Beobachtungen er-

wartete, daß die Hummeln in Zukunft zwar, wie beim ersten Male, durch das Fenster fn_2 herausfliegen (af), aber stets nur durch das Fenster fn_1 zurückkehren (rf). Wochen vergehen, aber die Hummeln fahren fort, ihren großen Umweg zu beschreiben, welcher auf der Strecke a—b, wo sich eine Menge den Flug erschwerende Gegenstände befinden, besonders beschwerlich ist.

2. Ein anderer Versuch. Die Hummeln des Nestes N_2 (Fig. 40) in dem Zimmer Z_3 , das neben dem ersten liegt, wurden gezeichnet und durch das Fenster fn_3 herausgelassen. Nachdem sie fortgeflogen waren, wurde das Fenster fn_3 geschlossen; die Hummeln hatten nunmehr Zutritt zu ihrem Neste durch das Fenster des ersten Zimmers Z_1 und die von da in das zweite Zimmer Z_2 führende Türe p. Etwa nach einer Stunde zeigten sich die gezeichneten Hummeln im ersten Zimmer (Z_1): sie suchten ihr Nest, unter endlosem Herumirren. Endlich, nach vielständigem Nachforschen ist die Behausung gefunden; öffnet man nun ihr Fenster fn_3 , so kann man ganz sicher sein, daß die gezeichneten Hummeln, welche auf dem Wege g—rf—d in das Nest geflogen sind, nur noch auf diesem Wege in dasselbe zurückkehren werden. Nach Verlauf von 2—3 Tagen bringen wir diese Hummeln in eine verzweifelte Lage, indem wir die Türe p. schließen. Öffnen wir dieselbe wieder, so stürzen sie sich, ohne unsere Gegenwart zu beachten, durch diese Türe in ihr Nest. Jeden Tag und jede Stunde fliegen die Hummeln zu dem offenen Fenster fn_3 ihres Zimmers heraus, aber sie erinnern sich dessen nicht und können die Beziehung nicht begreifen, welche zwischen dem Wege des Abfluges und dem Wege ihrer Rückkehr bestehen muß.

Alle vier Kategorien von Tatsachen, welche ich angeführt habe, beweisen demnach, 1) daß das Einprägen der Lage des Nestes bei den Hummeln nur dann erfolgen kann, wenn sie vor dem Fortfliegen von demselben sich mit dem Kopfe nach dem Neste wenden und auf diese Weise die Möglichkeit erhalten, die das Nest umgebenden Gegenstände in derjenigen Lage im Gedächtnisse zu behalten, wie sie ihnen bei der Rückkehr in das Nest erscheinen werden; ferner 2) daß die Gegenstände, so wie sie den Hummeln bei dem Abfluge und bei der Stellung des Körpers in der Richtung dieses Abfluges mit vom Neste abgewandtem Kopfe einprägen, nicht zur Anleitung für die Bestimmung der Lage des Nestes bei der Rückkehr dienen können.

Mit anderen Worten: diese Tatsachen beweisen uns, daß das Einprägen des Weges des Abfluges und desjenigen der Rückkehr in das Nest bei den Hummeln unabhängig voneinander vor sich geht, und daß die Hummeln, indem sie von dem Neste weg fliegen, in erster Linie darum besorgt sind, sich die Merkmale für die Rückkehr in das Nest einzuprägen. Ich möchte sogar sagen, daß sie sich ausschließlich nur darum kümmern, da bei dem Abfluge aus dem Neste, besonders im Anfange, ihre Körperstellung nicht selten eine derartige ist, daß sie sich nur des Rückweges entsinnen können.

Ein anderer, den Abflug der Hummeln betreffender Umstand, von welchem ich schon mehrfach gesprochen habe, ohne jedoch bis jetzt seine Bedeutung hervorgehoben zu haben, besteht darin, daß sie, um die Lage des Nestes im Gedächtnisse zu behalten, im Fluge mehr oder weniger zahlreiche verschiedenartige Figuren um dasselbe beschreiben. Die psychologische Bedeutung dieses Verfahrens ist leicht verständlich, wenn man die

Eigentümlichkeiten der Sehorgane bei den Hummeln in Betracht zieht.¹ Es ist bekannt, daß ein Gegenstand, der sich sehr langsam in der Nähe der Hummeln vorbei bewegt, von diesen nicht gesehen wird: bewegt man die Hände sehr langsam, so kann man ein Hummelnest zerstören, ohne einen Protest seitens der Insassen hervorzurufen. Rasche und hastige Bewegungen dagegen werden von den Hummeln augenblicklich bemerkt. Hieraus ist ersichtlich, daß, um den Hummeln die Möglichkeit zu geben, einen Gegenstand zu „betrachten“, entweder dieser Gegenstand rasch vor den Augen der Hummeln bewegt werden muß, oder aber daß die Hummeln selbst sich rasch an dem Gegenstand vorbei bewegen müssen, den sie besichtigen. Jeder Naturforscher, der das Leben der Hummeln im Felde oder im Walde beobachtet hat, wird zweifelsohne oft gesehen haben, wie eine von ihm aufgescheuchte Hummel neben ihm „Linien zieht“ (wie die Bauernknaben sagen), d. h. ihr zickzackförmiges Hin- und Herfliegen beginnt. Die Entfernung, auf welche hin dieses Hin- und Herfliegen erfolgt, ist stets ungefähr dieselbe, und zwar beträgt sie nach meinen Beobachtungen niemals mehr als etwa 140—170 cm von dem Gegenstand, welchen die Hummel betrachtet.² In allen Fällen des Abfluges von Hummeln, welche sich die Lage ihres Nestes eingeprägt hatten, -- und ich habe solche Ausflüge zu Hunderten beobachtet --, blieb die Grenze, innerhalb welcher dieses zickzackförmige Hin- und Herfliegen beschränkt war, annähernd unveränderlich.

Wenn wir alle Einzelheiten des soeben beschriebenen Prozesses in der Tätigkeit der Hummeln in Betracht ziehen, können wir mit voller Überzeugung die Ansicht aussprechen, daß da, wo bei den Hummeln das zickzackförmige Hin- und Herfliegen aufhört, auch das Vermögen, Gegenstände mit der ihnen zugänglichen Deutlichkeit zu erblicken, ein Ende nimmt.

Weiter unten werden wir sehen, daß das Sehvermögen der Hummeln auch innerhalb dieser Grenzen des Sehens ein äußerst unvollkommenes ist. Diese Grenze werde ich fortan die Sehgrenze nennen, über welche hinaus die mit dem Fliegen aus dem Neste nach Nahrung und zurück verknüpfte Tätigkeit der Hummeln, wie wir sofort sehen werden, einen ganz anderen Charakter annimmt.

Zu den Mitteilungen über die Sehgrenze muß nur noch hinzugefügt werden, daß die Hummel, ebenso wie sie bei ihrem Ausfluge aus dem Neste ihren Zickzackflug an den Grenzen ihres Sehvermögens beendet, auch bei dem Zurückkehren (natürlich nur die erste Zeit) den Zickzackflug sofort beginnt, sowie sie an der Stelle angelangt ist, wo ihr Seh-

¹ Anatomisch-physiologische Daten liegen außerhalb des Bereiches unserer Interessen bei den vorliegenden Untersuchungen; ich kann jedoch nicht umhin, den Leser an die interessanten Untersuchungen von Exner zu erinnern, welcher gerade durch anatomisch-physiologische Untersuchungen zu der Schlußfolgerung gelangt ist, daß während das Auge der Wirbeltiere für eine vollkommenere Aufnahme der Gestalt der Gegenstände eingerichtet ist, die zusammengesetzten Augen der Wirbellosen besser befähigt sind, die Bewegungen der Gegenstände wahrzunehmen.

² Diese Angabe steht einigermassen im Widerspruche mit den Schlußfolgerungen Exners, welcher sich bekanntlich der Theorie von Müller über das musivische Sehen der Insekten angeschlossen hat, wobei er dieselbe insofern abänderte, daß das Auge der Insekten schließlich nicht ein vielfaches sondern ein ganzes und einziges Bild der Gegenstände aufnehmen soll. Die Photographie, durch welche diese Ansicht bestätigt wird, gibt gleichzeitig Veranlassung zu der Annahme, daß die Insekten imstande sind, die Gestalt großer Gegenstände auf weite Entfernungen hin zu erkennen. Biologische Beobachtungen, welche ich an Hummeln angestellt hatte (und ebenso an Schmetterlingen und anderen Insekten) und welchen ich im allgemeinen unvergleichlich mehr vertraue als physiologischen Ergebnissen, bestätigen diese Ansicht Exners nicht: die Grenzen des Sehvermögens sind bei den Hummeln sehr beschränkt.

vermögen ein Ende hatte, zuerst in Bezug auf das Fenster und sodann, wenn sie durch dasselbe hereingeflogen ist, auch auf das Nest.

Auf der Fig. 41 sehen wir ein der Wirklichkeit genau entsprechendes Schema für einen solchen Abflug und die Rückkehr einer Hummel in ihr Nest (nachdem das letztere an einen neuen Platz verbracht wurde) innerhalb der Grenzen des bei den Hummeln noch deutlichen Schens. Die Hummel fliegt, indem sie Halt macht und sich umsieht, längs der durch die Zahlen 1, 2, 3 . . . bis 12 bezeichneten Linie aus dem Neste, wobei ein jedes nachfolgende Teilstück der Fluglinie stets größer ist als das vorhergehende. Selbstverständlich ist dies keine beständige Regel und es kommen fortwährend Abweichungen von derselben vor, jedoch kann sie im allgemeinen unbedingt als bestehend angesehen werden. Wenn die Hummel in solchen Zickzack-Linien bei einem gewissen Punkte (in dem vorliegenden Falle ist dieser durch die Zahl 12 bezeichnet) angelangt ist, welcher der Sehgrenze (zuerst für das Nest, sodann für das Fenster) entspricht, ändert sie sofort die Maßnahmen für das Einprägen der Örtlichkeit: sie wendet sich mit dem Kopf nach vorne (in der Linie af) und fliegt, wie bereits gesagt, in direkter Linie zu der Tracht in das Feld, nach einem Garten u. s. w.

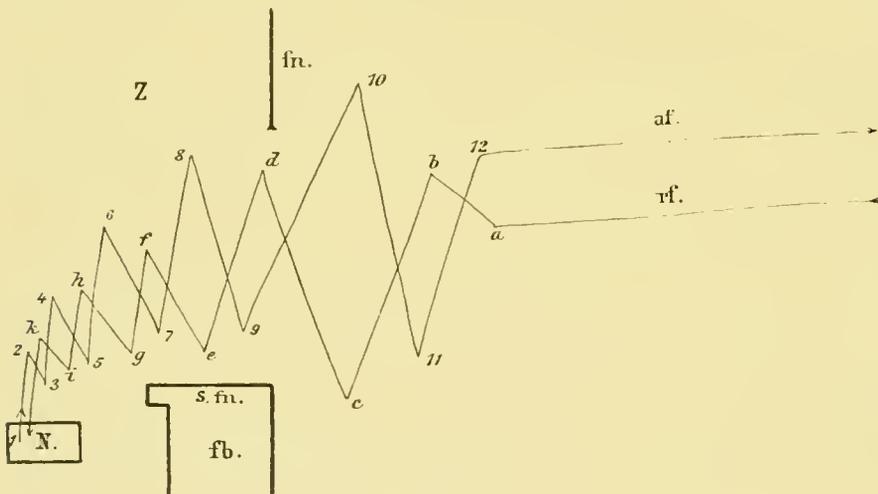


Fig. 41.

Diese Veränderung in dem Charakter der Handlungsweise kann in Kürze folgendermaßen formuliert werden: Der Zickzackflug, die damit verbundene Körperstellung und die Art und Weise der Untersuchung der ersten Strecke auf eine Entfernung von 140—175 cm wird hinter der Sehgrenze durch einen geradlinigen Flug bei einer Körperstellung mit in der Abfluglinie nach vorne gerichtetem Kopfe ersetzt.

Die Rückkehr erfolgt in analoger Weise: Die Hummel kommt vom Felde rasch und in gerader Linie rf geflogen bis zu dem Punkte a, wo die Sehgrenze beginnt; hier angekommen beginnt die Hummel wiederum Zickzack-Linien zu beschreiben, und zwar anfangs längere (bc, cd, de . . .), später dagegen, bei dem Hereinfliegen in das Nest, kürzere cf, fg, gh, hi. Es ist demnach klar, daß die Hummel auch hier, nachdem sie in gerader Linie bis zu der Sehgrenze geflogen ist, das Kriterium, durch welches sie sich in den Merkmalen leiten läßt, sowie die Maßnahmen, um dieselben zu betrachten, abändert. Indem wir diese Veränderung in den Handlungen der Hummeln bei ihrer Rückkehr in das Nest in Kürze formulieren, können wir sagen, daß hier der über die Sehgrenze hinaus liegende geradlinige Flug durch einen zickzackförmigen ersetzt wird. Diese Tatsachen zeigen uns, daß das von den Hummeln angewandte Verfahren auf dem einen (kurzen) und

dem anderen (langen) Teile des Weges bei der Heimkehr in das Nest nicht das gleiche sind. Ist nun dieses Verfahren ein verschiedenes, so folgt hieraus von selbst, daß auch die Kriterien, von welchen sich die Hummeln auf diesen beiden Teilen ihres Weges leiten lassen, verschieden sein müssen.

Welche sind nun diese Kriterien?

Um Klarheit in dieser Angelegenheit zu schaffen, müssen wir zu dem, was sich aus dem Studium der nächstliegenden Momente des Abfluges der Hummeln ergeben hat, noch Angaben über die auf diese Momente folgenden Erscheinungen und über die Rückkehr der Hummeln von den Nährpflanzen zum Neste hinzufügen.

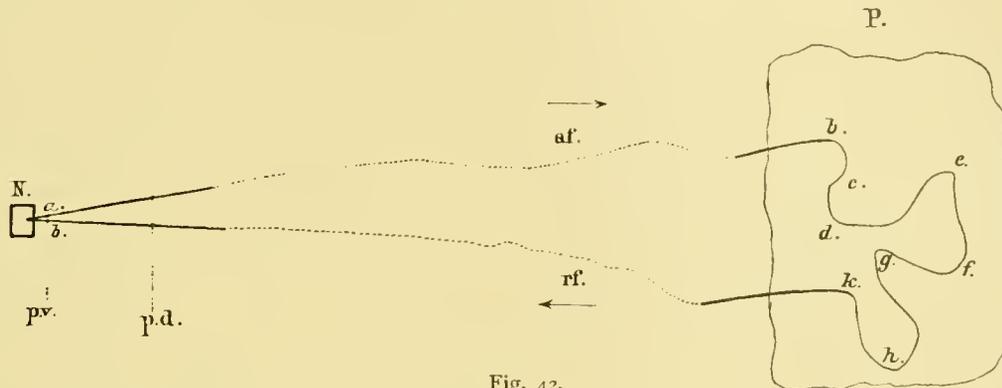


Fig. 42.

Die Gesamtheit dieser Erscheinungen ist in Fig. 42 schematisch dargestellt. Von dem Neste (N) bis zu dem Orte der Tracht (P) fliegt die Hummel rasch und in einer geraden Linie af ohne jeden Aufenthalt; dort, wo sie ihre Tracht sammelt, fliegt sie von einer Blume auf die andere, von einem Pflanzenkomplex auf den anderen, längs der Linie b, c, d, e, f, g, h, k. Am Punkte k angelangt erhebt sie sich in die Luft und fliegt in der Geraden rf. Die Frage der Rückkehr zum Neste entscheiden die Hummeln, nachdem sie sich in die Luft erhoben haben; sie fliegen nach deren Entscheidung ohne Unterbrechungen in der Richtung nach dem Neste zu. Die Richtung dieses Fluges hat mit derjenigen, welche die Hummel beim Einsammeln des Honigs verfolgte, nichts zu tun: wie auch die Hummel sich bei dieser Beschäftigung bewegen mag (am häufigsten im Kreise), in jedem gegebenen Momente, wenn sie sich nach Hause begeben will, bestimmt sie genau diejenige Richtung, welche sie einhalten muß, um zum Neste zu fliegen. Ebenso wird der Weg für die Rückkehr von der Hummel ohne jegliche Beziehung zu denjenigen Orten und Gegenständen bestimmt, wo sie sich bei dem Einsammeln der Tracht aufhielt. Würde die Hummel den Rückweg mit Hilfe dieser Gegenstände bestimmen, so müßte sie auf Fig. 42 längs der Linie k, h, g, f, e, d, c, b und von hier längs der Linie af fliegen. Dies ist aber nie der Fall. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, daß es nicht die unterwegs während des Fluges angetroffenen Gegenstände sind, welche den Hummeln den Rückweg anweisen. Was ist es denn nun, was den Hummeln den Rückweg zeigt? Offenbar dasjenige, was in der Literatur der Richtungssinn genannt wird, und erst von der Sehgrenze an wird die Hummel von dem Gesichtssinne in der direkten Bedeutung des Wortes geleitet.

Von der Richtigkeit dieser Annahme werden wir durch folgende Tatsache überzeugt. Ich fing Hummeln in einer Entfernung von etwa 1 Kilometer jenseits von einem Flusse und brachte sie, in ein Papier gewickelt, zu mir nach Hause. Nachdem ich die Hummeln gezeichnet hatte, ließ ich sie fliegen und fand sie am folgenden Tage wieder in ihrem Neste. Von diesem Richtungssinne geleitet durchfliegen die Hummeln bedeutende Entfernungen und zwar mit einer derartigen Überzeugung von der Richtigkeit der gewählten Richtung und, was die Hauptsache ist, mit einer Geschwindigkeit, welche jede Voraussetzung einer Möglichkeit ausschließt, bei Anwendung des Verfahrens, welches die Hummeln bei der Berücksichtigung von Gegenständen anwenden, irgend etwas betrachten oder sehen zu können.

Daß der Richtungssinn jedoch nichts Derartiges darstellt, was außerhalb der uns bekannten Sinnesorgane liegen würde, sondern bei den Hummeln auf die Sehorgane begründet ist (wenngleich diese auch anders funktionieren als bei dem Betrachten von Gegenständen auf kurze Entfernung), davon werden wir unter anderem durch die Tatsache überzeugt, daß die Hummeln, wenn sie der Möglichkeit beraubt sind, ihre Augen in der Weise zu benutzen, wie sie dies bei dem Abfluge und der Rückkehr auf weite Entfernungen tun, von dem Richtungssinn im Stiche gelassen werden. Bewegen sich die Hummeln durch Kriechen oder fliegen sie im Zwinger, wo die Sehorgane ihnen keine Dienste leisten können, so werden sie, wovon bereits im Anfange dieses Kapitels die Rede war, nicht von dem Richtungssinn geleitet. Indem die Hummeln sich von dem Richtungssinne leiten lassen, fliegen sie in gerader Linie und verändern die Richtung nur dann, wenn irgend welche im Wege stehende Hindernisse umgangen werden müssen, wie z. B. hohe Bäume, Häuser u. dergl. m.: der Richtungssinn führt sie mit fast absoluter Genauigkeit nach Hause. Es kommen jedoch gewisse Abweichungen von der Geraden vor, und diese sind von Interesse wegen ihrer Geringfügigkeit, welche Zeugnis ablegt von der außerordentlichen Genauigkeit des Kriteriums, von dem sich die Hummeln bei der Rückkehr nach Hause leiten lassen; außerdem sind diese Abweichungen auch dadurch interessant, wo und wie sie korrigiert werden.

Nachstehendes habe ich mehrfach beobachtet: Wenn die Hummeln an das Nest heranfliegen, korrigieren sie häufig die Richtung ihres Fluges. Diese Korrekturen beginnen offenbar von dem Momente, wo das eine Kriterium — der Richtungssinn, durch ein anderes — den Gesichtssinn ersetzt wird. Der letztere tritt in verschiedenen Entfernungen vom Neste in seine Rechte. Ich hatte Gelegenheit, an ihr Nest heranfliegende Hummeln zu beobachten, welche sogar in einer Entfernung von sechs und zehn Metern vom Neste sich etwas seitlich von derjenigen Richtung hielten, in welcher sie hätten fliegen müssen, um direkt auf das Nest zuzusteuern. Ich erkannte diese Hummeln erst dann als die meinigen, als sie eine brüske, wenn auch meist nicht bedeutende Schwenkung ausführten, welche die Richtung wieder herstellte, und nach dem Fenster flogen. Graphisch könnte die Erscheinung, von welcher soeben die Rede war, so dargestellt werden, wie dies in der Fig. 43 geschehen ist, wo der Punkt N das Nest, a—b den Richtungsflug, b—c den unter der Leitung der Sehorgane ausgeführten Flug bedeutet.

Was sehen denn die Hummeln nun eigentlich und wie sehen sie?

Folgende Beobachtungen können Antwort auf diese Frage geben. Auf der Fig. 44 sehen wir, daß die Hummel, indem sie zu dem Neste zurückkehrt, in der Richtung rf von a nach b fliegt; kann sie nicht in das Fenster fn, hereinfliegen oder findet sie das Nest

nicht, nachdem sie durch das Fenster hereingeflogen ist, so beschreibt sie Schleifen nach rechts und links (cd) und erhebt sich sodann in derselben Ebene in der Luft von e nach f zum zweiten Stockwerke an das Fenster fn_2 ; hier wiederholt sie dasselbe Manöver, welches sie im unteren Stockwerke ausgeführt hat, d. h. sie beschreibt zuerst Schleifen g—h und erhebt sich sodann längs der Linie k—m in derselben Vertikalebene wie vorher bis zum Dache.

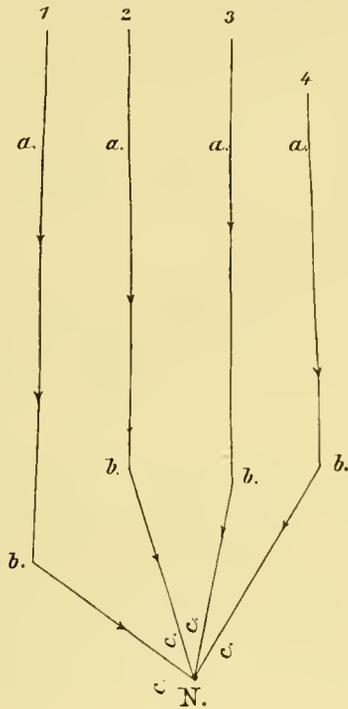


Fig. 43.

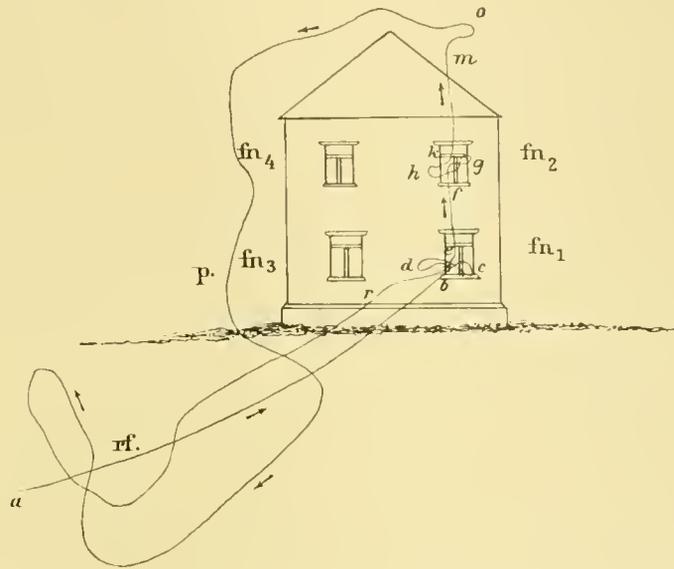


Fig. 44.

Natürlich kann es vorkommen, daß die Hummel, während sie die Schleifen c—d am Fenster fn_1 , oder g—h am Fenster fn_2 beschreibt, zu dem Fenster fn_3 oder fn_4 hereinfliegt: sobald sie in die Sehsphäre geraten sind, können diese Gegenstände, infolge ihres identischen Aussehens, die Hummel wohl zu einem Irrtume verleiten. Allein die Erscheinung des Fluges in einer Vertikalebene bei der Rückkehr in das Nest bleibt eine Tatsache, welche um so weniger zu bezweifeln ist, als ich mehrfach folgendes beobachten konnte: Nachdem eine Hummel alle Stufen dieser Vertikalebene, von a bis b, von e bis f und von k—m durchlaufen hatte, umflog sie rasch das Haus längs der Linie op; nachdem sie wiederum in jene Ebene geraten war, welche sich ihr offenbar durch rechts und links von ihr befindliche Gegenstände eingepägt hatte und welche ihrem Flug in der hinter der Sehgrenze liegenden Sphäre als Richtschnur dient, flog sie von neuem an das Fenster heran und wiederholte das soeben beschriebene Manöver. Es ist klar, daß die Augen der rechten und linken Kopfhälfte bei dem Abfluge ein jedes bestimmte Bilder behält, während die Kombination dieser letzteren den Flug leitet. Durch diese Kombination geleitet können die Hummeln höher und tiefer fliegen; in diesem letzteren Sinne verfallen sie daher in große Irrtümer. Viel seltener werden Abweichungen nach rechts und links von

der Flugebene beobachtet. Dadurch erklärt sich natürlich auch der Umstand, warum die Hummeln, von dieser Ebene des Fluges geleitet, zuerst an das Fenster heranfliegen und erst später, im Falle eines Mißerfolges, anfangen, Schleifen nach rechts und links zu beschreiben.

Sind nun die Hummeln befähigt, hierbei die Gestalt einzelner Gegenstände zu unterscheiden?

Die Beobachtungen über das Einsammeln der Nahrung beweisen, daß die Hummeln Komplexe blühender Pflanzen bis auf eine Entfernung von 10 Metern, Blütenstände auf bedeutend geringere Entfernungen, einzelne Blüten dagegen erst auf ganz nahe Entfernungen erblicken.¹

Mit anderen Worten: Die Hummeln sind im stande, mit Hilfe ihrer Sehorgane und geleitet durch die Färbung der Gegenstände, größere Gegenstände bis auf eine Entfernung von 10 Metern zu erkennen.

Können die Hummeln die Form der Gegenstände unterscheiden?

Weiter oben, als von dem Überwintern der Hummeln die Rede war, habe ich bereits erwähnt, daß *Bombus lapidarius* auf der Suche nach einem Winterlager von einem Erdhümpel zum anderen fliegt, welche er, je nach ihrer Größe, in einer Entfernung von 2—5 Metern bemerkt.

Die Weibchen von *Bombus terrestris* fliegen auf der Suche nach einem Überwinterungsplatze auf einer großen Waldwiese von einem Baume zum anderen, wobei sie diese letzteren auf dieselbe Entfernung, bisweilen aber (wenn ein großer Baum einzeln dasteht) auch auf eine größere Entfernung — bis zu 10 Meter — unterscheiden.

Aus diesen, wie auch aus anderen analogen Tatsachen, geht eo ipso die Schlußfolgerung hervor, daß die Hummeln befähigt sind, die Gestalt der Gegenstände auf eine gewisse Entfernung zu unterscheiden, und zwar ist diese Entfernung um so bedeutender, je größer der Gegenstand und je bekannter seine Gestalt ist.

Es braucht natürlich nicht hervorgehoben zu werden, daß diese Fähigkeit sehr unvollkommen ist, und daß die Hummeln, indem sie Bäume suchen, oft Gegenstände für solche ansehen, welche gar keine Ähnlichkeit mit Bäumen haben und dieselben erst dann erkennen, wenn sie sich ihnen mehr oder weniger genähert haben, worauf sie plötzlich die Richtung des Fluges ändern, nachdem sie ihren Irrtum gewahr geworden sind.

Jetzt können wir begreifen, warum die Hummeln, noch bevor sie an die Sehgrenze herangeflogen sind, bereits im stande sind, die Richtung ihres Fluges zu korrigieren. Diese Fähigkeit tritt, wie aus meinen Beobachtungen hervorgeht, in einer Entfernung bis zu 10 Metern und vielleicht auch etwas darüber, zu Tage. Die Grenze dieses Sehens will ich zum Unterschiede von der Sehgrenze für einige Details des Gegenstandes die Unterscheidungsgrenze nennen.

Indem wir aus allem, was über die Psychologie des Abfluges und des Rückfluges gesagt wurde, die Summe ziehen, können wir nunmehr diesen komplizierten psychologischen Prozeß zergliedern und ihn folgendermaßen erklären.

Indem die Hummel aus dem Neste herausfliegt, wird sie auf der Strecke N bis a (Fig. 42) von ihrem Sehvermögen geleitet und prägt sich die das Nest umgebenden Gegen-

¹ Siehe das III. Kapitel dieser Arbeit.

stände bis zu einer Entfernung von etwa 1,75 m ein; über diese Grenze hinaus spielt das Sehen, im direkten Sinne des Wortes, gar keine Rolle mehr. Hinter der Sehgrenze (p. v.) beginnt ein Bereich, innerhalb dessen die Hummeln nur große Gegenstände mit mehr oder weniger großer Deutlichkeit auf größere oder geringere Entfernung (je nach ihrer Größe) zu unterscheiden im stande sind. Die Unterscheidungsgrenze (pd) ist augenscheinlich auf 10 Meter beschränkt. Weiter hinaus erfolgt der Abflug und der Rückflug in gerader Richtung (af und rf); als leitendes Kriterium für die Bestimmung dieser Strecke dient der Richtungssinn.

An Ort und Stelle, beim Einsammeln der Tracht, erweisen sich die Augen der Hummeln als Organe, welche ihnen die Möglichkeit bieten, hauptsächlich die Farben (wie dies im III. Kapitel angegeben worden ist) und in gewisser Entfernung auch die Gestalt der Pflanzen zu unterscheiden. Weder diese noch jene prägen sich dem Gedächtnisse der Hummeln ein, da diese letzteren, um sich eines Gegenstandes zu erinnern, denselben viele Male umfliegen müssen, wobei sie sich in gewohnter Weise zickzackartig um ihn herumbewegen.

Von den unzähligen Gegenständen, welche die Hummeln auf dem Wege vom Neste zu dem Orte, wo die Nahrung gesammelt wird und zurück antreffen, braucht demnach nur ein ganz minimaler Teil dem Gedächtnisse eingepägt zu werden: und zwar derjenige Teil, welcher innerhalb einer Sphäre von 140—175 cm Durchmesser mit dem Neste als Mittelpunkt gelegen ist; dabei können sich die Hummeln auch diesen Bruchteil der Gegenstände nur von einem Gesichtspunkte aus einprägen, nämlich indem sie ihnen den Kopf zuwenden und andauernd im Zickzack an ihnen vorbeifliegen.

Alles dagegen, was über die Grenzen dieser Sphäre hinaus liegt, prägt sich ihrem Gedächtnisse in der Eigenschaft von Gegenständen, welche ihren Flug leiten könnten, nicht mehr ein, wenigstens nicht in der Art, daß wir den geringsten Grund haben würden, bei den Hummeln einen dem üblichen Begriffe des Sehens entsprechenden Sinn vorauszusetzen. Eine Ausnahme von dieser Regel müssen wir nur für jene kleine Strecke vor dem Neste machen, auf welcher die Hummeln die Fähigkeit zum undeutlichen Unterscheiden größerer ihnen bekannter Gegenstände besitzen, die augenscheinlich sowohl beim Ausfluge aus dem Neste als auch bei der Rückkehr in dasselbe dem Gedächtnisse eingepägt werden.

Die biologische Bedeutung der beschriebenen Erscheinungen besteht offenbar darin, daß von jener elementaren Fähigkeit der Hummeln, Gegenstände im Gedächtnisse zu bewahren, welche zweifelsohne ihre Wirkung versagen würde, wenn selbst einigermaßen größere Anforderungen an sie gestellt würden, möglichst sparsam Gebrauch gemacht wird. Durch diese elementare Fähigkeit des Bewahrens im Gedächtnisse erklärt sich denn auch natürlich, warum die Hummeln nicht die geringste „Verwirrung“ an den Tag legen, wenn sie zum Beispiel aus dem Walde in das Zimmer eines Gutsgebäudes geraten u. dergl. m.¹ Bei ihnen

¹ Einen schlagenden Beweis für die Richtigkeit des soeben Gesagten bieten die Beobachtungen an Hummeln, welche ich vom Gute nach Moskau überführte. Nachdem sie das neue Fenster in der gewohnten Weise besichtigt hatten, flogen die Hummeln in einen kleinen, vor den Fenstern gelegenen Garten, erhoben sich dann über das dreistöckige Haus, flogen über das Dach und kamen mir aus den Augen; nach 20—30 Minuten kamen sie jedoch in ebenso raschem und sicherem Fluge in ihr Nest zurück, als wäre an dieser Stelle nur ihr Fenster allein und nicht deren Hunderte rechts und links davon, und dazu alle von gleicher Größe, Färbung und Gestalt.

Der Grund hierfür ist der, daß für die Hummeln in der Tat nur ein einziges Fenster existiert, indem sie nur dasjenige unter ihnen kennen und sehen, welches am Ende ihres Weges liegt; für die Bestimmung dieses Weges

beschränkt sich die Neuheit auf einen Bereich von 140—175 cm, innerhalb dessen sie die Gestalt und die Farbe der Gegenstände sehen können.

Nachdem wir das Studium der Psychologie des Ausfluges sowie der Heimkehr der Hummeln in das Nest besprochen und diesen Weg der Hummeln in drei sehr ungleichmäßige Etappen, d. h. in das Bereich 1) des Sehens, 2) des Unterscheidens von Gegenständen und 3) den ungeheuren, über diese beiden ersten Etappen hinausliegenden Teil des Weges eingeteilt haben, wollen wir nunmehr zu dem Detailstudium desjenigen Teiles des Weges übergehen, in welchem die Sehorgane ihre Hauptrolle spielen, d. h. des Bereiches des Sehens.

Wie und was sehen nun die Hummeln in diesem Bereiche des Sehens?

Nachstehend teile ich einige der zahlreichen von mir angestellten Beobachtungen mit, welche auf diese Frage Antwort geben.

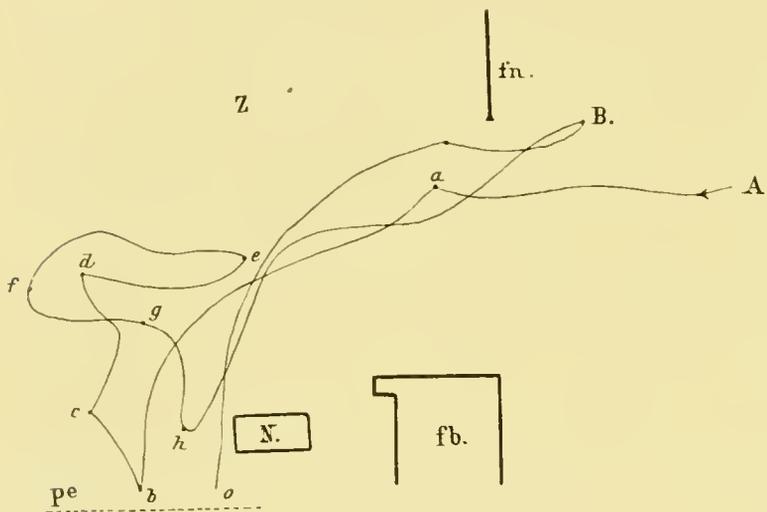


Fig. 45.

Eine der Hummeln eines am 16. Juni aus dem Freien in das Haus verbrachten Nestes flog am 28. dieses Monats aus; nachdem sie zurückgekehrt war, führte sie folgende Bewegungen aus, ehe es ihr gelang, das Nest zu finden (Fig. 45).

Ich bemerkte die Hummel in dem Augenblicke, als sie sich in dem Punkte A befand. Sie flog zu dem Fenster (fn) herein und im Bogen a—b über das Nest N hinweg; am Boden pe angelangt, erhob sie sich wiederum, wie dies in der Zeichnung angegeben ist,

bis zu dem Punkte c und flog sodann bis d, e, f, g, h, indem sie offenbar ihr Nest suchte. Als sie dasselbe nicht gefunden hatte, flog sie zurück und wieder zu dem Fenster hinaus zu den anfänglichen Wegweisern für die Lage des Nestes, oder den leitenden Punkten, wie ich sie nennen will. Von diesen, vom Punkte B aus, begann die Hummel von neuem einen Bogen zu beschreiben, welcher sie zum Neste führen sollte, flog aber wiederum über das Nest, ohne es zu bemerken, obgleich sie unmittelbar über dasselbe hin geflogen war; wieder flog sie fast bis auf die Diele, wiederholte aber, auf dem Punkte o angelangt, das vorige Manöver und geriet erst, nachdem sie das dritte Mal von den leitenden Punkten aus zum Fenster hereingeflogen war, endlich direkt in das Nest (N). Diese Beobachtung beweist, daß die Hummel nicht durch die Gestalt oder das Aussehen dieses Nestes zu demselben geführt worden ist, sondern durch eine kleine Zahl von leitenden Punkten, welche sie sich bei dem Ausfluge aus dem Neste eingepägt hatte, d. h. nicht durch den Eindruck eines einzelnen bestimmten Gegenstandes, sondern durch den

aber spielen die Gestalt und Färbung der Gegenstände keinerlei Rolle, und zwar nicht nur in unserer Bedeutung des Wortes, sondern auch in derjenigen Bedeutung und in den Grenzen, in welchen diese Gestalt den Hummeln unter Zuhilfenahme des Betrachtens mittels des zick-zack-förmigen Fluges zugänglich ist.

Eindruck, welchen die Hummel von mehreren im Detail betrachteten, rechts und links von der Linie des Rückweges gelegenen Gegenständen erhalten hatte. Diese Art und Weise der Aufnahme von Eindrücken repräsentiert augenscheinlich eine spezielle Psychologie, welche von dem, was die Psychologie unseres Sehens darstellt, ganz verschieden ist. In dieser Psychologie wird man vielleicht auch die Aufklärung solcher Erscheinungen suchen müssen, welche mit dem Namen Richtungssinn belegt werden.

Der Umstand, daß die Hummeln, wenn sie sich auf das Nest niederlassen, dasselbe nicht immer sehen, sondern von den leitenden Punkten stimuliert werden, wird durch eine Menge von Beobachtungen bestätigt.

Ich teile hier eine dieser letzteren mit.

Auf der Fig. 46 ist der Rückweg einer Hummel zum Neste (N) dargestellt, welches sich in einem Kasten K befand. Von dem Punkte A aus, da wo die Zahlen stehen, flog die Hummel, Zickzacklinien beschreibend, zum Neste, wie dies auf der Figur angegeben ist, d. h. von 1 nach 2, 3 und unternahm, nachdem sie im Bogen 3—4 über das Nest hinweggeflogen war, eine Reihe von Versuchen, von der (vom Fenster aus gerechnet) hinteren Wand in den Kasten hereinzufliegen, indem sie an den Punkten 4, 5, 6 gegen die Wand

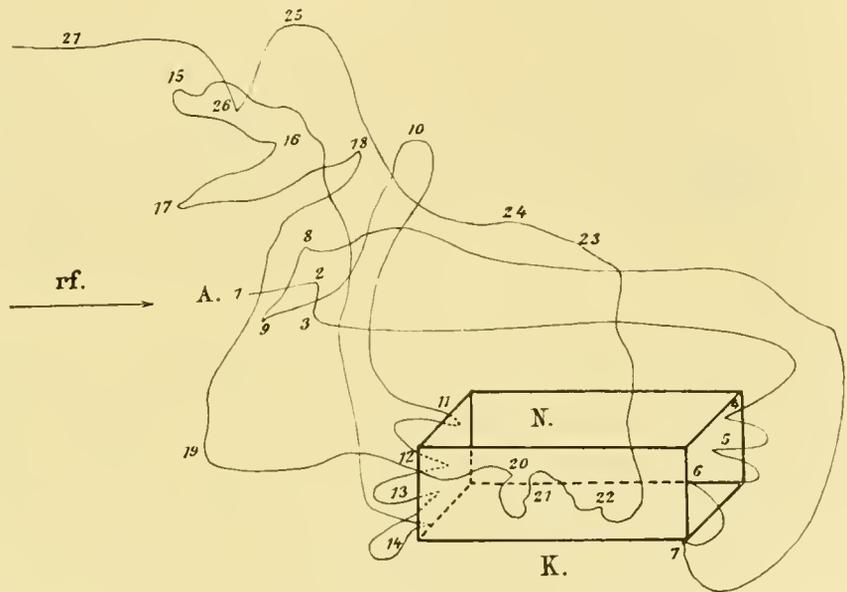


Fig. 46.

stieß. Sodann stieß sie am Punkte 7 gegen den Boden des Kastens (dieser stand auf einem Untersatze) und flog von hier zu den leitenden Punkten 8, 9 und 10 zurück; von hier begann sie von neuem sich zu dem Neste herabzulassen. Diesmal flog sie nicht über dasselbe hinüber, sondern flog zu kurz und stieß an die vordere Wand am Punkte 11 und sodann an den Punkten 12, 13, 14. Da sie jedoch das Nest noch immer nicht finden konnte, so flog sie aufs neue an ihren Beobachtungsposten zu den Punkten 15, 16, 17, 18; von hier begann sie wiederum sich zu dem Neste herabzulassen 19, flog aber von der Seite (links von dem Fenster) an den Kasten heran, stieß an den Punkten 20, 21, 22 an dessen Wand, erhob sich nach den Punkten 23, 24, 25, 26, 27 und flog davon.

Ein anderes analoges Beispiel ist auf der Fig. 47 schematisch und ohne Details dargestellt. Die Hummel flog am Punkte A zum Fenster herein; nach dem Neste N herabfliegend, verfehlte sie dasselbe und flog neben dem Kasten, links von demselben, vorbei. Da sie hier das Nest nicht fand, begann die Hummel, bevor sie den Boden erreichte, Schleifen um den Kasten zu beschreiben; als sie das Gesuchte noch immer nicht fand, flog

sie nach dem Fenster zu dem Punkte B, d. h. zu den leitenden Punkten, und geriet von dort, indem sie den Bogen B-C beschrieb, direkt in das Nest.

Ein weiteres Beispiel. Die Kiste K (Fig. 48), in welcher sich das Nest mit den Hummeln befand, die den Weg hierher schon längst ohne zu irren gefunden hatten, be-

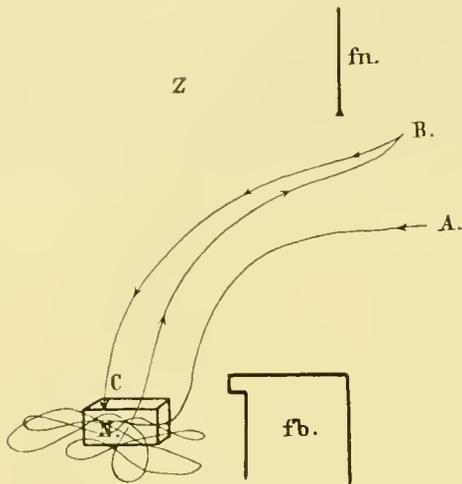


Fig. 47.

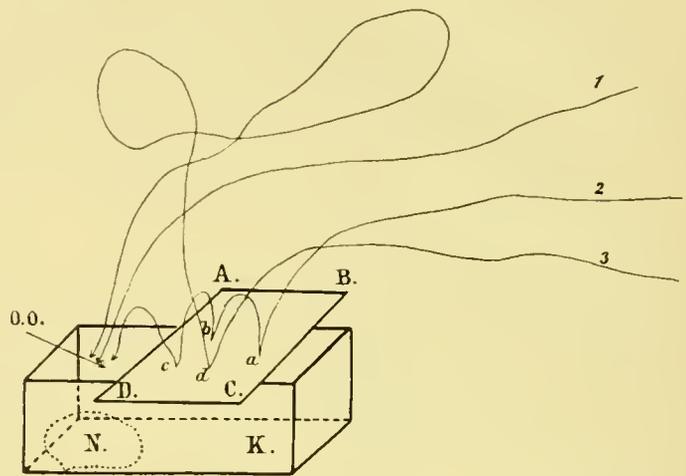


Fig. 48.

decke ich mit einem Brette A. B. C. D, wobei ich neben dem Brette einen kleinen Zwischenraum O O offen lasse, damit die Hummeln hindurch gelangen können. Eine derselben (ihr Weg ist durch die Zahl 1 angegeben) geriet in das Nest, ohne sich zu irren. Eine andere (deren Weg mit 2 bezeichnet ist) ließ sich auf das Brett bei a nieder, sodann auf b und c, und geriet erst dann in das Nest: es ist klar, daß sie das Brett nicht gesehen hatte, also denjenigen Gegenstand, auf welchen sie herabflog. Sie sah dasselbe nicht und korrigierte ihren Irrtum selbst dann noch nicht, als sie ihn zweimal wiederholt hatte, da sie das dritte Mal von neuem gegen das Brett stieß.

Zu derselben Schlußfolgerung läßt uns auch der Flug der Hummel gelangen, deren Weg mit der Zahl 3 bezeichnet ist.

Nicht weniger anschaulich wird die Richtigkeit unserer Schlußfolgerung auch durch folgende Tatsache bewiesen: Ich legte ein von mir nach Hause mitgebrachtes Hummelnest in eine hölzerne Kiste, welche ich, um den Hummeln Zeit zu geben, sich zu beruhigen, so mit Büchern verdeckte, daß der äußere Anblick des Gegenstandes absolut nichts mehr mit einem Hummelneste gemein hatte. Einige Hummeln fanden eine kleine Öffnung in der Wand der Kiste und flogen zum Fenster hinaus. Nach Hause zurückgekehrt, bestimmten sie die Lage des Nestes ganz richtig und ließen sich auf die Kiste nieder, welche sie noch nie gesehen hatten und welche weder in ihrer Färbung, noch in ihrer Gestalt, noch in ihrer Größe an ein Hummelnest erinnerte. Ohne die Möglichkeit zu besitzen, in das Innere einzudringen, fühlten sie sich nichtsdestoweniger zu Hause und verteidigten ihr Nest bei meiner Annäherung, indem sie drohend auf mich zu flogen.

Die Richtigkeit der Angabe, daß die Hummeln, indem sie sich auf das Nest niederlassen, nicht immer von dem Sehvermögen, d. h. von der Gestalt und anderen Merkmalen

des Nestes, sondern von jenen leitenden Punkten beeinflußt werden, welche sie sich bei dem Ausfluge im Detail einprägen und welche ihnen den zum Neste führenden Weg anweisen,¹ wird noch deutlicher und augenscheinlicher gemacht durch die Versuche mit dem Verschieben dieser Nester innerhalb der Sphäre des Sehens der Hummeln.

Im nachstehenden teile ich einige von diesen Versuchen mit.

Nachdem die Hummeln sich an die Lage ihres Nestes N_1 (Fig. 49) gewöhnt haben, zeichne ich einige der ausgeflogenen Hummeln und verschiebe das Nest unmittelbar darauf um 35—70 cm auf die Seite (N_2), wie dies auf der Fig. 49 angegeben ist. (Die Untersätze, auf welchen die Nester stehen, sind auf der Figur nicht angegeben, um dieselbe nicht durch überflüssige Details komplizierter zu gestalten.)

Die Hummeln werden in der Linie af durch das Fenster herausfliegen und in der Linie rf zurückkehren; nachdem sie über die Stelle, wo das Nest gestanden hatte (N_1) hinweggeflogen sind, werden sie sich zur Diele (pe) herablassen und hier ihre Nachsuchungen anstellen, welche sie unendlich oft wiederholen werden. Nach lang andauerndem Suchen auf der Diele kehren sie wiederum zu den „leitenden Punkten“ im Fenster zurück und fliegen endlich ganz weg, um nach einiger Zeit wieder in das Fenster zurückzukehren und dasselbe Manöver von neuem durchzumachen, welches soeben beschrieben wurde.

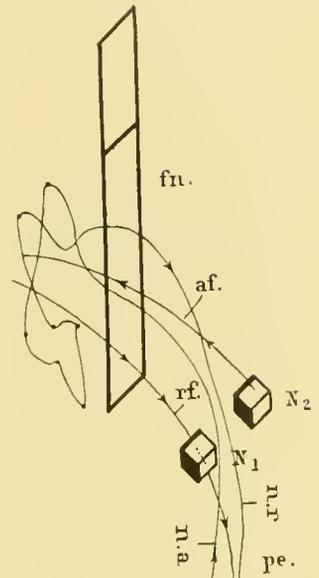


Fig. 49

Es ist von besonderem Interesse, daß wir die soeben beschriebenen Fehlgriffe und Nachsuchungen sogar dann beobachten, wenn das Nest sich nicht in einem künstlich gefertigten Zwinger befindet, welcher seinem Aussehen nach den Hummeln gänzlich unbekannt ist, sondern, wie dies einmal der Fall war, in demselben Behälter, in welchem es sich im Freien befand: Ich stellte ein Nest von *Bombus muscorum* in demselben Starenhäuschen zur Beobachtung auf, in welchem es von den Hummeln angefertigt worden war; als diese letzteren sich an die neue Lage des Starenkästchens gewöhnt und ihre regelmäßigen Ausflüge und Rückflüge begonnen hatten, stellte ich das Starenkästchen um etwa 18 cm weiter zur Seite und beobachtete nun dasselbe, was ich bei dem schon beschriebenen Versuche beobachtet hatte. Ich habe einige Fälle notiert, aus welchen hervorgeht, daß wir auch bei freilebenden Hummeln ganz analoge Erscheinungen beobachten können.

Wenn ein Nest von der Stelle weggenommen wurde, wo es stand und wo keine Spur von ihm übrig blieb, ja sogar statt des sich über den Boden erhebenden Nestes sich eine Vertiefung in der Erde bildete, flogen die Hummeln, welche bei der Wegnahme des Nestes nicht zugegen waren und daher nicht mit demselben gefangen wurden, ebenso genau auf jene Stelle zu, wo sich das Flugloch befunden hatte. Natürlich finden sie dasselbe nicht mehr vor und fliegen sofort wieder weg (zu den Richtungspunkten), kehren sodann wieder auf dieselbe Stelle (zu dem Flugloche) zurück und fliegen von neuem fort. Nach-

¹ Dasjenige, was im III. Kapitel des I. Teiles über den Geruchssinn bei den Hummeln und das Herüberfliegen derselben über das Nest gesagt ist, macht es überflüssig, mit diesen Tatsachen bei den in Rede stehenden Erscheinungen zu rechnen.

dem sie dieses Wegfliegen mehrere Male nacheinander wiederholt haben, betreten sie endlich „das Nest“ von derjenigen Seite, wo sich früher das Flugloch befand und beginnen ihre Nachsuchungen. Das Nest selbst ist nicht mehr vorhanden, aber die unzählige Male auf ihre Richtigkeit hin geprüften leitenden Punkte geben an, daß das Nest gerade hier sein muß, wohin die Hummeln bereits Dutzende von Malen, von den leitenden Punkten zu rechtgewiesen, geflogen gekommen waren und sie fliegen wieder und wieder!

Man kann demnach als erwiesen betrachten, daß die Hummeln ihre Nester sehr schlecht sehen und sich nur deshalb auf dieselben niederlassen, weil jene leitenden Punkte zu ihnen führen, welche die Hummeln auf eine bestimmte Art und Weise bei dem Ausfluge aus dem Neste gut wahrnehmen. Mit anderen Worten: Die Hummeln kennen ihr Nest als einen Gegenstand mit bestimmten Merkmalen nur sehr unvollkommen, und dies natürlich infolge ihres nur sehr unvollkommenen Sehvermögens. Als Indikator in der Lösung der Frage über die Lage des Nestes dient ihnen nicht etwa das Nest selbst mit seinen Merkmalen, sondern die Stelle, wo es sich befindet, wohin die Hummeln durch die „leitenden Punkte“ geführt werden, welche sie sich unter den das Nest umgebenden Gegenständen wohl gemerkt haben.

Diese Punkte nun sind nicht das Resultat eines bestimmten, von gewissen Gegenständen hervorgebrachten Eindruckes, wie ich dies bereits hervorgehoben habe, sondern sie repräsentieren offenbar die Summe gleichzeitig von links und rechts auf der Linie des Weges ihrer Rückkehr nach dem Ausfluge zum Neste empfangener, verschiedener (und daher naturgemäß undeutlicher) Eindrücke.

Es erübrigt noch einige Worte darüber zu sagen, was diese Einprägungen der leitenden Punkte, vom psychologischen Gesichtspunkte aus betrachtet, darstellen: erscheinen sie jedes einzelne Mal als ein Akt der Anpassung an neue Lebensbedingungen der Hummeln, nachdem deren Nest aus dem Walde oder Felde in ein Zimmer übergeführt wurde, oder aber ist in diesen Erscheinungen des Einprägens nichts Neues enthalten?

Um eine Antwort auf diese Frage geben zu können, muß man unsere Bemerkungen über das, was die Hummeln sich bei ihrem Ausfluge aus dem Neste für die bevorstehende Rückkehr eigentlich einprägen, berücksichtigen. Im Zusammenhange mit diesen Angaben wird man sich ferner der Beobachtungen über das Leben der Hummeln unter den gewohnten Bedingungen ihres Lebens erinnern müssen. Diese Beobachtungen beweisen uns, daß die Hummeln mehr als einmal in ihrem Leben sich die leitenden Punkte behufs Feststellung der Lage ihres Nestes einzuprägen haben. Die Fälle von Lageveränderungen des Nestes im Zimmer, in so engen Grenzen dieselben auch unserer Ansicht nach vorgenommen werden, bedeuten, vom Standpunkte der Hummel-Psychologie betrachtet, genau das gleiche, wie die Überführung dieser Nester aus dem Wald auf das Fenster oder in ein Zimmer unseres Wohnhauses. Unter natürlichen Verhältnissen sind aber Lageveränderungen des Nestes durchaus nicht so ausnehmend selten, wie man mit Hinblick auf seine scheinbar unbewegliche Anlage vermuten könnte. Ich will hier, um ein Beispiel zu geben, auf einen derartigen Fall hinweisen. Einst fand ich ein merkwürdig kleines Hummelnest (Fig. 50, N₂) von *Bombus muscorum*. Die Arbeiterinnen und Weibchen flogen darin aus und ein genau wie in einem normalen Neste. Ich öffnete das Nest

und fand darin statt der üblichen Wabenmasse nur ein kleines Bruchstück derselben. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieses Nest aus der Zerstörung eines hier kürzlich vorhandenen normalen Nestes hervorgegangen war. Als ich mich umsah, fand ich in einer Entfernung von etwa drei Schritten ein anderes, noch kleineres Nest (Fig. 50, N₃) mit Hummeln, aber ohne Waben, sowie den Platz, wo das Nest ursprünglich angelegt worden war (Fig. 50, N₁). Es war nicht schwer zu begreifen, daß der Zerstörer des Nestes (wahrscheinlich ein Hund) während seiner Arbeit die Teile von Waben und Baumaterial auf ziemlich weite Entfernung von dem ursprünglichen Standorte des Nestes herumgeworfen hatte. Die am Leben gebliebenen Hummeln sammelten sich bei den ganz gebliebenen Bruchstücken und legten sich Nester an, in welchen sie wohnten.

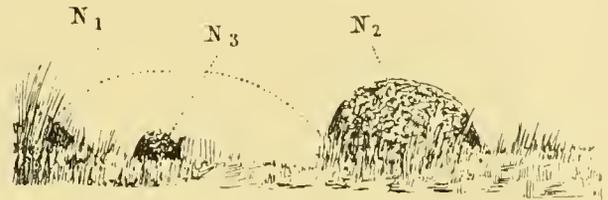


Fig. 50.

Derartige (freiwillige und unfreiwillige) Übersiedelungen der Hummeln sind, wie ich bereits hervorgehoben habe, durchaus keine ausnahmsweisen, seltenen Erscheinungen, und deshalb mußte sich bei den Hummeln eine Vorkehrung herausbilden, mit Hilfe deren sie den neuen Bedingungen der Lage ihres Nestes Rechnung tragen und dasselbe auffinden können.

Eine Lageveränderung der Wohnung der Hummeln ist demnach auch im freilebenden Zustande dieser Insekten möglich. Bei der Abschätzung der genannten Erscheinung darf auch nicht vergessen werden, daß die das Nest umgebenden und als leitende Punkte dienenden Gegenstände durchaus nicht beständiger Natur sind, sondern sich fortwährend verändern: die anfangs niedrige und wenig dicht stehende Vegetation wird mit der Zeit höher und treibt Blüten; nach dem Mähen verschwindet sie und da, wo sich vorher ein glatter grüner Teppich ausbreitete, erscheinen jetzt Haufen von Heu. Im Walde ist ein Baum gestürzt und hat sich neben das Nest gelegt; an einer Stelle ist das grüne Gras gelb geworden, an einer anderen hat es sich mit trockenem Laube bedeckt; die grünen Gebüsche haben sich im Frühjahr in weiße, im Frühherbste in rote verwandelt. Der Bauer hat auf dem Schober, wo noch am Tage zuvor Gras neben dem Neste wuchs, Getreide aufgehäuft oder über einem Heuhaufen ein Schutzdach errichtet u. s. w. u. s. w.

Aus alledem folgt, daß die Besichtigung der Umgebung des Nestes durchaus keine außergewöhnliche, mit einer neuen Lage des Nestes in der Gefangenschaft in Verbindung stehende Erscheinung ist, sondern eine allgemein gültige Regel darstellt.

Auf die Frage, ob der Prozeß des Im-Gedächtnis-Bewahrens der Nestlage bei den Hummeln eine nur in der Gefangenschaft zu beobachtende Erscheinung repräsentiert, welche als eine Anpassung an neue Lebensbedingungen aufzufassen ist, müssen wir demnach im verneinenden Sinne antworten: diese Erscheinung ist bei den Hummeln auch unter den Bedingungen des Lebens in der Freiheit eine ganz gewöhnliche.

Und was stellt denn eigentlich die Psychologie dieses Prozesses dar?

Sie ist sehr anspruchslos und setzt sich zusammen aus den Elementen eines Gedächtnisses, welches befähigt ist, eine sehr geringe Anzahl von Gegenständen innerhalb der

Sphäre des Sehens und des Unterscheidens zu behalten, bis zu jener noch mehr elementaren Fähigkeit, welche wir den Richtungssinn nennen.

Indem ich aus allem, was in diesem Kapitel über die Psychologie des Abfluges und der Rückkehr der Hummeln gesagt worden ist, die Schlußfolgerung ziehe, fasse ich dieselbe in folgender Reihe von Thesen zusammen:

1. Ein jeder Flug der Hummeln setzt sich aus zwei verschiedenen Akten zusammen: dem Abfluge aus dem Neste und der Rückkehr in dasselbe.

2. Diese Wege werden dem Gedächtnisse unabhängig voneinander und auf verschiedene Art und Weise eingeprägt und werden, ein jeder auf besondere Weise, im Gedächtnisse behalten. Im übrigen wird nicht etwa der Weg des Abfluges aus dem Neste, sondern derjenige des Rückfluges zu demselben im Gedächtnisse behalten.

3. Die Hummeln behalten diesen letzteren Weg durch sorgfältige Besichtigung nur weniger in der Nähe des Nestes gelegener Gegenstände, oder mit Hilfe der leitenden Punkte im Gedächtnisse.

4. Diese Besichtigung, sowie das damit zusammenhängende Einprägen im Gedächtnisse kann bei den Hummeln nur bei derjenigen Stellung des Körpers erfolgen, wie sie dieser letztere bei der Rückkehr nach dem Neste einnehmen wird.

5. Die Besichtigung von Gegenständen, welche, wenn auch undeutliche, Erinnerungen an ihre Merkmale hinterlassen, erfordert von seiten der Hummeln ein besonderes Verfahren: den Zickzack-Flug in der Nähe des Gegenstandes; Gegenstände, welche nicht auf diese Weise besichtigt wurden, werden von den Hummeln dem Gedächtnisse nicht eingeprägt.

6. Der die Besichtigung begleitende Zickzack-Flug dauert nur so lange an, als die Hummeln die in der Nähe des Nestes befindlichen Gegenstände sehen können, d. h., wie dies durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen wird, innerhalb einer Sphäre von höchstens 175 cm Durchmesser.

7. Über die Grenzen dieser Sphäre hinaus, welche ich die Sphäre des Sehens nenne, folgt eine andere, die Sphäre des Unterscheidens, welche weder das Nest selbst, noch die dasselbe umgebenden kleinen Gegenstände, sondern nur große Dinge umschließt, welche die Hummeln in einer Entfernung von über 10 Metern nur undeutlich unterscheiden können.

8. Auf die Unterscheidungsgrenze folgt derjenige Teil des Fluges, bei welchem die Hummeln von dem Richtungssinne geleitet werden; von diesem lassen sie sich sowohl auf dem Wege von dem Neste nach dem Orte, wo sie ihre Tracht einsammeln, als auch bei der Rückkehr von da zum Neste führen.

9. Während des genannten Prozesses des Abfluges und des Heimfluges behalten die Hummeln demnach nur eine geringe Anzahl von Gegenständen, oder richtiger gesagt, von Punkten, in ihren Einzelheiten im Gedächtnisse, und zwar solche, welche dazu geeignet sind, ihre Handlungen innerhalb der engbegrenzten Sphäre der Lage des Nestes zu leiten, und welche von ihnen nur bei einer bestimmten Stellung ihres Körpers, so wie sie bei der Rückkehr in das Nest eintreten wird, gesehen werden können.

10. Dieser letztere Umstand beweist, daß das Sehen der Hummeln auch innerhalb jener Sphäre, in welcher sich das Nest befindet, nur sehr unvollkommen ist, indem sie hier nicht

alle in dieser Sphäre liegenden Gegenstände, sondern nur wenige leitende Punkte unterscheiden, welche nicht das Resultat bestimmter Eindrücke von bestimmten Gegenständen sind, sondern die Summe gleichzeitig empfangener, verschiedener (und infolgedessen natürlich undeutlicher), rechts und links von der Linie des Rückweges in das Nest aufgenommener Eindrücke repräsentieren.

11. Die biologische Bedeutung der Vorkkehrungen, von welchen uns die Einzelheiten im Prozesse des Abfluges der Hummeln und ihrer Rückkehr in das Nest Zeugnis ablegen, besteht darin, daß dem im höchsten Grade elementaren, unzuverlässigen und daher die Wohlfahrt der Art nicht sicherstellenden Gedächtnisse möglichst wenig Arbeit zugemutet wird, und daß gleichzeitig die Abhängigkeit der Art von diesem Gedächtnisse möglichst gering sei. Infolgedessen wird von den Hummeln nur ein verschwindend kleiner Teil des ganzen Weges beim Ab- und Heimfluge dem Gedächtnisse eingeprägt.

12. Eine wichtige Rolle im Prozesse des Abfluges und der Rückkehr spielt endlich auch der Richtungssinn. Die biologische Bedeutung dieses Hilfsmittels ist offenbar ebenfalls da zu suchen, wo der Ursprung aller übrigen Hilfsmittel des Abfluges und der Rückkehr liegt.

Darüber, wie sich die von mir erzielten Schlußfolgerungen zu den Ansichten der Autoren in der gegebenen Frage verhalten, was sie an diesen Ansichten ändern und wie sie dieselben ergänzen, darüber endlich, wie sich die extremen Gesichtspunkte in Bezug auf diesen Gegenstand miteinander vertragen — werde ich mich nicht weiter auslassen, da dies an und für sich schon klar zu Tage liegt.

Als der erste Teil meiner Arbeit sich bereits im Druck befand, beobachtete ich einige Erscheinungen im Leben der Hummeln, die einer Erwähnung wert sind, darunter auch solche, welche sich auf die Frage über die Wahl eines Ortes für den Nestbau seitens der Hummelweibchen beziehen, wovon im 2. Kapitel (Seite 13 u. ff.) die Rede war.

Im verflorbenen Sommer 1905 beobachtete ich ein Nest von *Bombus muscorum*, welches auf dem Gesims eines Fensters angelegt worden war, wobei das Flugloch gleichzeitig von den Hummeln und von Sperlingen, deren Nest sich auf demselben Gesims befand, benützt wurde. Die „Wahl des Ortes“ hatte sich hier trotz der günstigen ursprünglichen Bedingungen für die Anlage eines Nestes, als verfehlt erwiesen.

Zu gleicher Zeit mit diesem Falle beobachtete ich Bauten von *Bombus muscorum*, welche nicht auf der Erde, sondern in einer mehr oder weniger beträchtlichen Höhe über derselben angelegt und sehr gut geraten waren. Faßt man diese Fälle zusammen und berücksichtigt dabei diejenigen Beobachtungen, welche von früheren Autoren angestellt wurden und welche darauf hinausliefen, daß *Bombus muscorum* sein Nest unmittelbar über der Erdoberfläche aus Moos anfertigt, so ist man wohl zu der Annahme berechtigt, daß diese Hummelart den interessanten Prozeß einer Abänderung des Instinktes der Weibchen bei der Wahl eines Nistortes durchmacht.

Ich habe im 2. Kapitel darauf hingewiesen, daß die Wahl eines Platzes bei gewissen Arten dadurch charakterisiert wird, daß einige derselben ihre Nester unter der Erde, andere

dagegen über deren Oberfläche anlegen, und *Bombus muscorum* gehört zu dieser letzteren Kategorie.

In der gegenwärtigen Zeitperiode erleidet der Instinkt in der Wahl der Zone bei diesen Hummeln eine Abänderung: von der Oberfläche der Erde siedeln sie nach immer höher und höher gelegenen Orten über, wobei sie ihre früheren instinktiven Anforderungen an dasjenige, was ich die Wahl eines passenden „Winkels“ für den Nestbau genannt habe, beibehalten.

In der einschlägigen Literatur sind viele Fälle derartiger Abänderungen des Instinktes bekannt. So begann eine Taubenart in Samoa, welche Jahrhunderte hindurch ihre Nester auf der Erde gebaut hatte, rasch an Zahl abzunehmen, als die Europäer Katzen auf diese Insel einführten, welche sich rasch vermehrten und verwilderten. Die Vernichtung der Tauben wäre wahrscheinlich unvermeidlich gewesen, wenn unter den stets zu beobachtenden Abänderungen in den Instinkten sich nicht eine solche gefunden hätte, welche die Tauben dazu veranlaßte, ihre Nester auf den obersten Zweigen der Bäume anzulegen. Die Ursache in der Veränderung der Zone bei der Wahl des Nistortes ist bei *Bombus muscorum* augenscheinlich darin zu suchen, daß sie von *Psithyrus*-Arten in großer Menge vernichtet werden. Ob sich nun die Zahl der *Psithyrus* in jenen Gegenden, wo ich meine Beobachtungen über das Leben der Hummeln anstellte (Mittlere Zone Rußlands), vermehrt hat, oder ob die Abholzung der Wälder und die Vergrößerung der kultivierten Fläche, wodurch die Hummeln gezwungen wurden, auf kleineren Bezirken zu nisten, den Parasiten die Aufsuchung von Nestern besonders erleichterte, ist schwer zu sagen; allein die Tatsache, daß *Bombus muscorum* am meisten von diesen Parasiten zu leiden hat, ist wohl kaum anzuzweifeln. Die Nachforschungen der *Psithyrus*-Schmarotzer nach Nestern an der Oberfläche der Erde waren wohl dazu geeignet, die natürliche Auslese bei *Bombus muscorum* auf jene Abänderungen in der Wahl des Ortes (der Zone) zu lenken, wie sie gegenwärtig vor unseren Augen sich abspielt.



Zweiter Teil.

Die „sozialen“ Instinkte der Hummeln. (Die Elemente ihres „Familien“- und „geselligen Lebens“.)

Die „sozialen“ Instinkte der „gesellig“ lebenden Insekten werden von den Autoren für so kompliziert und so vollkommen gehalten, daß die Bienen, Ameisen und Termiten in der Phylogenie der Geselligkeit bei den Tieren die höchste Stufe in der langen Entwicklungsreihe dieser biologischen Organisation einnehmen: nach Ansicht der Autoren sind diese Insekten (neben dem Menschen) allein dazu befähigt, ein Zusammenleben in der Gestalt von Staaten zu bilden, wobei eine weitgehende gegenseitige Hilfeleistung, eine komplizierte Arbeitsteilung und eine Sorge um ihre Genossinnen, sowie um die junge Generation zu Tage tritt, welche von einem selbst für die höchsten Säugetiere unzugänglichen Gefühle von echtem Altruismus Zeugnis ablegen.

Ich kann mir diese Auffassung der Autoren auf folgende Weise erklären: 1) durch die Mangelhaftigkeit ihrer Untersuchungsmethoden, bei welchen die Beurteilung der Psychologie der Insekten ad hominem nicht nur als wissenschaftlich, sondern oft als einzig möglich angesehen wird; 2) dadurch, daß das Leben der „sozialen“ Insekten so schwer zu erforschen ist und diese Forschungen deshalb auch so wenig zufriedenstellend ausgefallen sind: ihre Tätigkeit, welche von einer Menge gleichgestalteter Individuen ausgeführt wird, legt der Absonderung der Arbeit (und der Psychologie) des Individuums von den Resultaten der Arbeit der Gesamtheit ungeheure Schwierigkeiten in den Weg. Es erweist sich, daß nicht nur mit den genauen Untersuchungsmethoden wenig vertraute Beobachter, sondern selbst Spezialisten in der erdrückenden Mehrheit aller Fälle nicht im stande sind, sich von der Idee loszusagen, daß die Logik des Ganzen bei den gesellig lebenden Insekten das Resultat der Logik der das Ganze zusammensetzenden Teile ist, während doch in Wirklichkeit diese beiden Logiken, wenn man sich so ausdrücken darf, nichts miteinander gemein haben, ebenso wie die Logik des Atolls nichts mit der Logik der dasselbe aufbauenden Korallenpolypen zu tun hat.

Um der Wahrheit näher zu kommen, wird man vor allem die für wissenschaftliche Untersuchungen so schädlichen traditionellen Gesichtspunkte vergessen und die Methode der Analogie mit derjenigen der Evolution vertauschen müssen.¹

¹ Vergl. W. Wagner „Die biologische Methode in der Zoopsychologie.“

Was das „Familien-“ und das „gesellige“ Leben der Hummeln vom Gesichtspunkte dieser Methode aus betrachtet vorstellt, werden wir aus den Beobachtungen und Versuchen ersehen, deren Darlegung der zweite Teil der vorliegenden Arbeit gewidmet ist.

Die Materialien, die ich über diesen Gegenstand gesammelt habe, zerfallen von selbst in mehrere Gruppen, von denen jede einzelne in einem besonderen Kapitel behandelt werden soll. So gestaltet sich die Einteilung des zweiten Teils wie folgt:

Kapitel I. Die mit der Eiablage durch das Weibchen in Verbindung stehenden Erscheinungen der „Geselligkeit“ in der Hummelfamilie.

Kapitel II. Die Sorge für die Nachkommenschaft, als Zeugnis für die hohe Entwicklung des „sozialen Gefühles“ bei den gesellig lebenden Insekten.

Kapitel III. Die Psychologie der Gefühle bei den Gliedern der „Familie“ (oder „Gesellschaft“) und bei benachbarten „Familien“ (oder „Gesellschaften“) zueinander.

Kapitel IV. Über die Einrichtung der Waben und die damit im Zusammenhange stehende Tätigkeit der Hummeln.

Kapitel V. Über den „gemeinsamen“ Angriff und die „gemeinsame“ Verteidigung der Familie in der Gefahr (Massenbewegung).

Kapitel VI. Über die „gemeinsame“ Tätigkeit der Hummelfamilie bei ihrer Übersiedelung von einem Orte nach einem anderen.

Kapitel VII. Über die „Sprache“ der „sozialen“ Insekten.

Kapitel VIII. Die Veränderungen in den „sozialen“ Instinkten in der Periode des Unterganges der Hummelfamilie (bei dem Herannahen der Wintermonate) und unter der Einwirkung der Gefangenschaft.

Kapitel I.

Die mit der Eiablage durch das Weibchen in Verbindung stehenden Erscheinungen der „Geselligkeit“ bei der Hummelfamilie.

Nachstehend teile ich die wenigen Angaben mit, welche ich in einer interessanten Arbeit v. Buttell-Reepens¹ bezüglich der Frage über die erste Eiablage des Hummelweibchens finde. Der Autor macht diese Angaben zum Teil nach den Mitteilungen von Herrn Wegener, welcher ihm persönlich hierüber berichtete, zum Teil nach älteren Beobachtungen Hofers.

Nach den Mitteilungen von Wegener erfolgt die Ablage des ersten Eies in der Weise, daß das Weibchen den Erdboden mit etwas Wachs bestreicht, auf den so vorbereiteten Fleck mit Honig vermischten Blütenstaub bringt und darauf ein Ei legt.

Hofer beschreibt diesen ersten Schritt auf dem Wege der Wabenbildung in etwas anderer Weise (für *Bombus lapidarius*): Bevor das Weibchen ein Ei auf einen mit Wachs bestrichenen Fleck ablegt, baut es, nachdem es Honig und Pollen herbeigetragen hat, um diesen Fleck eine ringförmige Zelle von 7 mm Durchmesser und 6 mm Höhe. Sodann bringt es Pollen in die Zelle und legt ein Ei, tut neuen Pollen darauf und legt wieder ein Ei u. s. w. Ist die gehörige Zahl Eier gelegt, so wird die Zelle mit Wachs geschlossen.

Mir selbst ist es nicht gelungen, die erste Eiablage zu beobachten. Im Sommer 1904 wurde der Nestbau der Hummeln durch die kühle Witterung auf lange Zeit hinausgeschoben, und das erste Nest, das ich fand (von *Bombus variabilis*), enthielt bereits die erste, sehr kleine Larvenzelle. Diese Zelle befand sich in einem sehr kleinen Neste, dessen Dimensionen auf der Fig. 51 genau wiedergegeben sind. (Die Zeichnung stellt einen Schnitt durch das Nest dar, welcher es möglich macht, die Lage- und Größenverhältnisse seiner Teile zu erkennen.) Auf dieser Figur unterscheiden wir folgende Teile: N.ex — das äußere Nest, N.in — das innere Nest, welches zu dieser Zeit weder eine Wachsunterlage noch einen Wachsdeckel besaß (vielleicht kann dieser Umstand dadurch erklärt werden, daß die im höchsten Grade ungünstige und kalte Witterung das Einbringen der Tracht erschwerte); en — das Flugloch und tu — das Eingangsloch; an dessen Ende, an der Grenze zwischen ihm und dem inneren Neste, befindet sich mc — ein Honigtopf, welcher aus reinem Wachs angefertigt ist.

Innerhalb der Höhlung des inneren Nestes befindet sich eine kleine Larvenzelle La. Von außen zeigt dieselbe, besonders von der Seite (Fig. 51) eine mittlere Einschnürung und

¹ Biolog. Centralblatt 1903, No. 3, p. 100.

das Vorhandensein von Spuren einer Querwand (Fig. 51 w) beweist ganz offenbar, daß anfangs zwei getrennte, einander dicht berührende Larvenzellen (a und b) angelegt worden waren. Der untere Teil der Larvenzelle war mit Nahrungstoffen angefüllt, welche aus mit Honig vermischten Pollen bestanden.

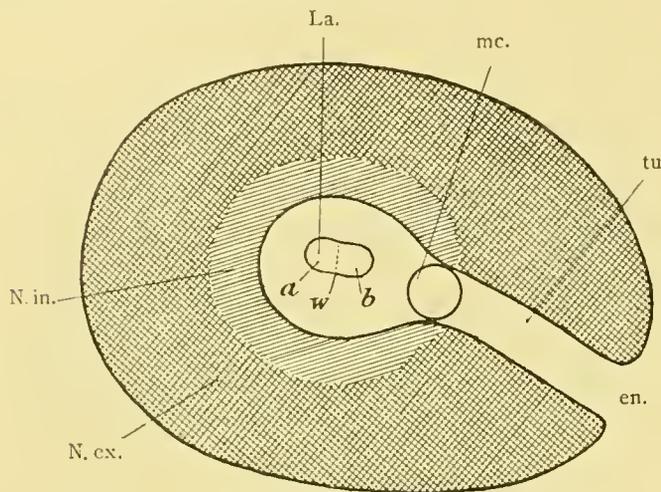


Fig. 51.

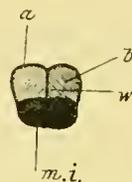


Fig. 52.



Fig. 53.

Auf der Fig. 52 ist die Larvenzelle im Durchschnitte dargestellt; die Buchstaben m. i. bezeichnen den Nahrungsvorrat im Augenblicke der Eröffnung der Larvenzelle, a und b die Höhlung der Larvenzelle, worin sich sechs Larven in verschiedenen Entwicklungsstadien befanden; letzteres ist aus Fig. 53 zu ersehen, welche die Größe der in der erwähnten Höhlung (a, b) befindlichen Larven genau darstellt.

Die Wände der Larvenzelle waren aus einer festen und ziemlich dicken Schicht reinen Wachses angefertigt. Das Weibchen hielt sich so fest zu dem Neste, daß es die Larvenzelle nicht verließ, als ich den oberen Teil des Nestes, um einen Einblick in dessen innere Höhlung zu erhalten, wie dies auf der Fig. 51 dargestellt wurde, mit einer Schere hinwegschnitt und der abgeschnittene Teil entfernt wurde; auf der Larvenzelle verbleibend, legte sich das Weibchen auf den Rücken, wobei es stark summt und sich zum Stechen anschickte; in dem Augenblicke, als das Nest eröffnet wurde, spritzte es aus seinem Abdomen einen Strahl flüssiger Substanz mit solcher Gewalt hervor, daß derselbe einen Bogen von über 35 cm Länge beschrieb.

Dieses Nest gibt nun auf die Frage nach der Anlage der ersten Larvenzelle eine ganz bestimmte Antwort: zuerst wird Nahrung vorbereitet, sodann ein Ei abgelegt und hierauf beides durch eine Wachsschicht verschlossen. Die Lagerungsschichten des Wachses beweisen zweifellos, daß dasselbe nicht vor, sondern nach der Eintragung der Nahrungsvorräte erbaut worden war.

Ein anderes Nest von *Bombus variabilis* fand ich in demselben Jahre am 10. Juni. Es unterscheidet sich von dem soeben beschriebenen Neste dadurch, daß in demselben nur eine einzige Larvenzelle angefertigt worden ist; diese letztere ist genau um die Hälfte kleiner, als die auf Fig. 51 dargestellte Zelle, und gibt daher den deutlichen Beweis dafür, daß die oben ausgesprochene Vermutung, die auf Fig. 51 abgebildete Larvenzelle sei eine doppelte

Zelle, richtig ist. Die Larvenzelle ist von allen Seiten geschlossen, mit Ausnahme einer einzigen Stelle, wo die Wachsschicht durchnagt ist; offenbar sollte hier eine neue Larvenzelle angebaut werden. Das Weibchen selbst zerstört also die Wachshülle auf derjenigen Seite, wo sie neues Material für die Ablage eines neuen Eies anhäuft. Es unterliegt keinem Zweifel, daß den beiden ersten Zellen in gleicher Weise auch eine dritte und vielleicht auch eine vierte und mehr Larvenzellen angefügt werden.

In der betreffenden Larvenzelle befanden sich 6 Eier, aus denen noch keine Larven ausgeschlüpft waren. Dieses Nest war demnach das jüngste, welches ich jemals gefunden habe; sein Bau ist noch einfacher als derjenige des oben beschriebenen Nestes: in einem Haufen vorjährigen Pferdemitens, und zwar in dessen oberem Viertel, war eine kleine Höhlung angebracht, worin sich das Weibchen, eine kleine Larvenzelle und ein aus reinem Wachs angefertigter Honigtopf befanden. In das innere Nest führte ein gerader Gang. Der Honigtopf war von geringer Größe. Die Honigvorräte in den Honigtöpfen anderer Hummelarten (z. B. von *Bombus lapidarius*) sind gewöhnlich bedeutend größer. Taf. I, Fig. 2 und 3 zeigen je fünf solcher Honigtöpfe in natürlicher Größe, Taf. I, Fig. 4 deren vier. Alle diese Töpfe sind aus reinem Wachs angefertigt und daher bedeutend heller als die Wachsbauten der Arbeiter.

In diese Töpfe bringt das Weibchen Honig ein und verschließt sie, nachdem sie gefüllt sind. Mehr als 5 Töpfe, wie ich sie bei *Bombus lapidarius*, und weniger als 2 (Fig. 54),

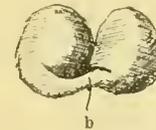


Fig. 54.

wie ich dies bei *Bombus muscorum* beobachtete, hatte ich früher nie gefunden. Diese Honigtöpfe sind, wie aus den Figuren zu ersehen ist, ebenfalls mit Wachs untereinander befestigt, welches bisweilen eine Art von Querverbindung zwischen den Zellen bildet (b).

Ich kann natürlich nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß die Anfertigung der Honigtöpfe der Eiablage stets vorangeht, da ich die erste Ablage der Eier nie beobachtet habe; ich vermute jedoch, daß das Einsammeln des Honigs und die Anfertigung der Töpfe vor der Ablage der Eier erfolgt, da in dem erwähnten Neste von *Bombus variabilis*, das eine einzige kleine Larvenzelle enthielt, der Honigtopf fast leer und sogar etwas zerdrückt war, was dafür spricht, daß dieser Topf vor längerer Zeit angefertigt worden war.

Versehen nun die Weibchen die von ihnen in die Eierzellen abgelegten Eier mit Nährmaterial? Hofer beantwortet diese Frage im bejahenden Sinne. Er teilt mit, daß das Weibchen, bevor es ein Ei legt, in die von ihm hergestellte Zelle einen gewissen Vorrat von Nährmaterial bringt; hierauf legt es erst das Ei und häuft darauf abermals Futter für die Larve. Eine Ausnahme von dieser Regel gibt der Autor nur für die Zellen zu, welche für die Weibchen und Männchen bestimmt sind.

Er sagt in Übereinstimmung mit Huber, daß die Hummeln „ne préparent jamais de pollén dans les cellules qui doivent servir de berceau aux mâles et aux femelles“¹.

Das trifft nicht ganz zu: es ist zwar richtig, daß die Eierzellen mit Eiern, aus welchen ♂♂ und ♀♀ hervorgehen werden, kein Brot enthalten, allein es ist nicht ganz richtig, daß die Weibchen dieses Nährmaterial stets für die Arbeitshummeln vorbereiten.

¹ Nach Pérez.

Die diesbezüglichen Schlußfolgerungen des Autors beruhen augenscheinlich auf Beobachtungen an einem Nest von *Bombus terrestris* und seine Beschreibung von der Anfertigung der ersten Eierzellen durch diese Hummeln ist ganz richtig: hier werden in der Tat Nahrungsvorräte beobachtet, wenn auch nicht immer, wie Hofer angibt, unter den Eiern, sondern bisweilen auf denselben; mit anderen Worten, das Futter wird bei ihnen nicht vor der Eiablage, sondern nach derselben vorbereitet. Ich wenigstens habe bei *Bombus terrestris* Eierzellen beobachtet, welche folgendermaßen eingerichtet waren: Auf dem Kokon coc (Taf. I, Fig. 5, welche eine geöffnete Eierzelle pi in starker Vergrößerung zeigt), sehen wir die Eierzelle pi, unter deren Wachsdecke ce oben ein Vorrat von Nahrung (po) liegt und darunter die Eier ov. Diese letzteren sind der Oberfläche des Kokons coc, auf welchem die Eierzelle angebracht ist, nicht in horizontaler, sondern in vertikaler Richtung zugekehrt. Im übrigen ist die Lage der Eier bei *Bombus terrestris* ziemlich unregelmäßig, nicht immer so regelrecht, wie dies auf der Taf. I, Fig. 5 angegeben ist.

Was hier über die Einrichtung der Eierzelle und Lage der Eier gesagt wurde, bildet jedoch keine allgemeine Regel: bei *Bombus lapidarius*, *Bombus muscorum*, *Bombus sylvarum* und anderen Hummeln verhält sich die Sache anders. In den vielen Dutzenden von Eierzellen, welche ich bei diesen Hummeln öffnete, fand ich niemals Nahrungsvorräte, wie sie von dem Weibchen angelegt werden.

Das Aussehen und die Einrichtung einer solchen Eierzelle sind die folgenden: Auf der Taf. I, Fig. 6 sehen wir sie an der Seitenwandung eines großen Kokons angefertigt; auf Taf. I, Fig. 7 sehen wir eine Wabe, auf deren Kokons vier Eierzellen angebracht sind. Alle haben das Aussehen eines kleinen Hügelchens von brauner Farbe. Öffnet man dieselben, so sehen wir folgende Anordnung (Taf. I, Fig. 8): Auf dem Gipfel des Kokons befindet sich die Eierzelle pi; die Wachshülle, aus welcher die letztere besteht, ist im Vergleich zu später sehr dick. Unter dieser Hülle liegen die Eier (ov) in Form einer regelmäßigen kleinen Pyramide; die Zahl dieser Eier kann sich (aber nur äußerst selten) auf eines beschränken und geht bis zwölf, selten mehr. In den meisten Fällen sind es deren 6—8. Die Eier liegen stets parallel der Oberfläche des Kokons, auf welchem die Eierzelle angebracht ist, und niemals habe ich unter dem Deckel dieser letzteren Nahrungsvorräte gefunden.

Diese Tatsache hat natürlich eine ungeheure Wichtigkeit, da sie beweist, daß bei diesen Hummeln eine der Obliegenheiten des Weibchens auf die Arbeiterinnen übergegangen ist. Die „Arbeitsteilung“ geht hier demnach schon etwas weiter: das Weibchen füttert die Brut nur unter gewissen Bedingungen bei der Ablage der ersten Eier, wenn es noch alle Arbeiten ausführt. Späterhin behält das Weibchen diesen Instinkt nur bei einigen Hummelarten bei, während die Mehrzahl der Weibchen denselben verliert.

In eine alte, früher angelegte Eierzelle legt das Weibchen nicht von neuem Eier ab: es bereitet jedesmal neue Eierzellen (Taf. I, Fig. 7). Bisweilen kommt es jedoch vor, daß die Eierzellen dicht nebeneinander liegen; in diesem Falle wird das Wachs der ersten Eierzelle an derjenigen Seite, wo die zweite angelegt wird, abgetragen und so eine Verbindung beider Eierzellen zu einem Ganzen hergestellt, wobei die Entwicklungsstadien der in ihnen enthaltenen Eier natürlich verschieden vorgeschritten sein können. Das allgemeine Aussehen

von drei untereinander vereinigten Eierzellen a, b und c von *Bombus terrestris* ist auf Taf. I, Fig. 9A dargestellt, die innere Anordnung und ihre gegenseitige Lage auf Taf. I, Fig. 9B. Die erste dieser Eierzellen, a, enthält noch Eier; es ist dies offenbar die zuletzt angelegte, die Eier sind als kleine Kreise dargestellt, da der Horizontalschnitt der Eierzelle durch den kleinsten Durchmesser der Eier gehen mußte. — In der darauffolgenden Eierzelle b, welche schon keine Eierkammer mehr darstellt, sondern eine Larvenzelle, indem die Larve bereits das Ei verlassen hat, befinden sich Larven auf einer frühen Entwicklungsstufe, in der letzten, c, etwas ältere Larven.

Hofer vermutet, daß das Weibchen in ein und dieselbe Eierzelle zweimal und öfter Eier ablegt. Diese Ungenauigkeit hat ihren Ursprung aller Wahrscheinlichkeit nach in der Tatsache der Auffindung von Larvenzellen mit einer großen Anzahl von Larven, welche ihrer Entwicklungsstufe nach so verschieden voneinander waren, daß sie unter keinen Umständen aus zu gleicher Zeit abgelegten Eiern herkommen konnten. Derartige Larvenzellen habe auch ich bisweilen beobachtet. Allein es ist doch nicht richtig, daß das Weibchen den Wachsdeckel der Zelle aufhebt und Eier in dieselbe ablegt, wie der genannte Autor dies vermutet. Die Sache verhält sich vielmehr viel einfacher.

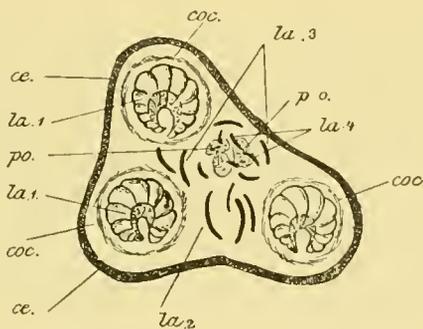


Fig. 55.



Fig. 56.

Auf Fig. 55 sehen wir die schematische Darstellung einer Larvenzelle, in welcher sich drei (la_1) bereits vollständig entwickelte und zum Teil schon verpuppte (*coc*) Larven unmittelbar unter der dünnen Wachsdecke der Larvenzelle (*ce*) befinden; darauf folgen sehr weit entwickelte Larven la_2^1 und endlich Larven von verschiedener Größe bis zu noch gänzlich unentwickelten (la_3, la_4). Es ist von Interesse, daß die vollständig entwickelten Larven an den Rändern der Larvenzelle liegen, die weniger entwickelten hingegen hauptsächlich im Zentrum derselben, in der Nähe der Nahrungsvorräte (*po*). Diese Erscheinung wird durch folgende Tatsachen erklärt. Erstens kommt es vor, daß die Eierzellen zwar zu verschiedenen Zeiten, aber sehr nahe aneinander gelegt werden, wovon soeben die Rede war. Zweitens ist eine Verschmelzung der Eierzellen miteinander auch dann möglich, wenn dieselben nicht unmittelbar nebeneinander liegen, wobei diese Verschmelzung in diesem Falle dann später vor sich geht. Auf Taf. I, Fig. 6 sehen wir z. B. eine Eierzelle (*pi*) und eine Larvenzelle (*lar*), welche

¹ Um die Zeichnung nicht zu überladen, sind die Larven la_2, la_3 und la_4 durch bloße Linien dargestellt worden.

zweifelsohne zu einem Ganzen verschmelzen werden. Auf der Fig. 56 sehen wir zwei große Larvenzellen (lar_1 und lar_2), welche so weit voneinander angelegt wurden, daß trotz ihrer bedeutenden Größe beide durch eine künstliche Brücke (br_1) miteinander verbunden sind. Späterhin ist neben der ersten Larvenzelle (lar_1) eine dritte, (lar_3) entstanden, welche noch wenig entwickelt ist; sie ist ebenfalls durch eine besondere Brücke (br_3) mit der ersten Larvenzelle verbunden. Es versteht sich von selbst, daß, wenn zwei Larvenzellen sehr nahe beieinander liegen, dieselben zu einem Ganzen verschmelzen können, in welchem die Larven sehr verschiedenen Entwicklungsstadien angehören werden. Das gleiche Resultat wird auch dann erzielt werden, wenn der Fall eintritt, daß das Weibchen auf der Larvenzelle selbst eine neue Eierzelle anlegt; die neu hinzutretenden Larven werden dann in einer gemeinsamen Kammer mit bedeutend weiter entwickelten Larven zusammentreffen.

Solche Verschmelzungen sind nicht nur für zwei, sondern auch für drei und mehr Larvenzellen möglich. Sie erklären auf die einfachste Weise das Auffinden von Larven verschiedener Entwicklungsstufen in einer Zelle. Jedenfalls habe ich niemals beobachtet, daß die Weibchen in ein und dieselbe Eierzelle mehrere Male, oder auch nur zwei Male Eier abgelegt hätten, indem sie den Wachsdeckel der Eierzelle oder der Larvenzelle abhoben.

Hiernit beschließe ich die Besprechung der Tätigkeit des Weibchens in der ersten Periode des Lebens der Hummelfamilie, da die Pflege der Eierzellen sowie der sich darin entwickelnden Brut in weit höherem Maße Sache der Arbeiterinnen ist, als des Weibchens. Hier möchte ich nur noch bemerken, daß bis zum Ausschlüpfen der Arbeiterinnen die Gesamtheit der Pflegearbeiten — das Bebrüten der Eierzellen, Larvenzellen und Kokons, die Sorge um die Unterbringung und die Fütterung der Larven — von dem Weibchen allein (wenn auch nicht in ganz identischer Weise) ausgeführt werden; im gleichen Maße, wie die Zahl der Familienglieder heranwächst, nimmt es dann weniger und weniger an diesen Arbeiten teil.

Über einige Eigentümlichkeiten, welche mit der Ablage der Eier durch das Hummelweibchen nach den Beschreibungen der Autoren verbunden sind.

In folgender Weise beschreibt Prof. Pérez eine dieser Eiablagen nach Hofer:

Quand le moment décisif est venu, la femelle, en grande agitation, court deçà et delà sur les gâteaux, paraissant chercher un lieu convenable pour déposer ses oeufs. Elle se décide enfin. La ponte achevée, la femelle retire aussitôt l'abdomen de la cellule et se met à tourner vivement tout autour, donnant la chasse aux ouvrières et aux autres femelles qui se pressent vers l'orifice, et elle travaille entre-temps à fermer la cellule avec de la cire, que, dans ce but, elle tenait déjà toute prête pendant qu'elle pondait, et aussi avec de la cire empruntée au bord même de la cellule. Si les importuns s'avançent trop, elle n'hésite pas à faire un exemple; elle saisit le plus audacieux ou le plus proche avec sa bouche et ses pattes, et, après s'être un instant colletée avec lui, tous deux dégringolent par-dessus les autres bourdons et tombent à terre. La femelle laisse là le coupable, rudement châtié par de cruelles morsures, et remonte promptement à sa cellule, pour la protéger contre les attaques des autres. Trop tard le plus souvent, car les plus prompts à profiter de son absence l'ont déjà crevée et ont dérobé quelques oeufs pour les dévorer. Quelque fois cependant il arrive que la reine elle-même ne sort pas indemne du combat. L'observateur

vit un jour la femelle, déjà vieille et assez pelée, il est vrai, lâcher tout d'un coup une petite femelle qu'elle avait saisie. Paralysée sans doute par un coup d'aiguillon, elle vécut encore une vingtaine d'heures, inerte, en but aux mauvais traitements des petites femelles, qui la mordaient, la tiraillaient sans cesse par les pattes et par les ailes. » Ces bourdons si placides et si débonnaires d'habitude, ajoute Hofer, m'ont toujours paru féroces et brutaux pendant la ponte; et si la femelle vient alors à mourir, son cadavre n'est point ménagé; petites femelles et ouvrières se jettent dessus, le mordillent aux ailes, aux pattes, aux antennes, et font de vains efforts pour mettre dehors la gigantesque morte.

Quand la pondeuse, après de semblables incidents, est heureusement parvenue à retrouver sa cellule, elle étale encore à plusieurs reprises sur l'opercule de la cire prise aux bords. Elle va ensuite chercher d'autre pollen avec du miel, qu'elle colle sur la cellule, retourne en chercher de nouveau, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle trouve la provision suffisante. Elle rouvre alors la cellule, y pond encore quelques oeufs, toujours moins cependant que la première fois, et les choses se passent encore comme on l'a déjà vu, avec les mêmes tracasseries de la part des ouvrières et des femelles. Suivant l'espèce et autres circonstances d'époque, de température et d'abondance de provisions, cette ponte se répète plus ou moins souvent, au point qu'une cellule peut contenir jusqu'à vingtquatre oeufs, mais rarement pourtant plus du tiers de ce nombre.

La ponte terminée, la femelle reste là plusieurs heures sur la cellule. Elle y apporte de la pâte; elle en rongé et polit les aspérités. Souvent même elle se pose, le ventre appliqué dessus, comme si elle couvait.

Les agressions des autres bourdons deviennent de plus en plus rares, et cessent enfin tout à fait. Et ces mêmes petites bêtes, qui tout à l'heure se jetaient avidement sur les oeufs frais pondus pour s'en repaître, deviennent maintenant les gardiennes attentives, les nourrices dévouées de leurs socurs: elles les réchauffent et pourvoient avec une tendre sollicitude à leur alimentation.

Nachdem Prof. Pérez¹ diese Beobachtungen mitgeteilt hat, ergibt er sich bezüglich derselben ziemlich trüben Betrachtungen:

Mais ce retour à de meilleurs sentiments ne peut nous faire oublier la sauvagerie de l'instinct qui les a un instant emportées. C'est là un des traits de moeurs les plus étonnants parmi ceux que nous devons aux observations de Hofer, et un des plus inexplicables que présente la biologie des Bourdons. Que la pondeuse défende énergiquement sa progéniture, le fait est si ordinaire, si banal, qu'il ne peut nous surprendre. En tant qu'instinct acquis, il est la conséquence naturelle du cannibalisme momentané des disparus, si la mère indifférente abandonnait ses oeufs à la voracité de ses premières-nées. Mais pourquoi cet instinct fratricide, cette folie passagère, qui interrompt un instant et ternit en quelque sorte l'honnête vie du bourdon? Nous voyons bien quelquefois, chez l'abeille domestique, les ouvrières détruire et sans doute aussi dévorer des oeufs. Mais cela n'arrive qu'à l'époque où le miel est abondant dans les fleurs, où le souci d'emmagasiner le plus de provisions possible oblige à sacrifier ces objets d'une si tendre sollicitude en toute autre circonstance. Les coupables, ici n'ont pas une telle excuse. Nous sommes bel et bien en présence d'une glotonnerie manifeste. L'oeuf qui vient d'être pondu, est sans doute un manger délicat, d'où s'exhale un fumet irresistible. C'est peut-être là tout ce qu'il faut voir en la chose, une imperfection de l'instinct social, que la sélection n'est point parvenue à corriger. Quant à la nécessité d'une restriction à apporter à la trop grande multiplication dans la colonie, on ne peut s'y arrêter un instant. Ici, comme chez les abeilles, comme ailleurs, une forte population c'est la richesse, c'est la puissance. Et si la nature voulait en modérer l'accroissement, sans parler des parasites, elle avait un moyen plus simple, moins féroce: celui de restreindre la ponte, de diminuer le nombre des oeufs dans les ovaires de la pondeuse.

Ce n'est pas tout. À supposer la diminution des oeufs avantageuse, ce qui pourrait légitimer en quelque sorte l'instinct fratricide des ouvrières, à quoi bon alors, chez la mère, l'instinct qui la pousse à défendre sa ponte, instinct dont l'effet est tout l'opposé du premier? Pourquoi deux instincts, non seule-

¹ Loc. cit. p. 110 u. folg.

ment contraires, mais même contradictoires? Et si l'on accepte que la voracité des ouvrières exige un correctif que l'instinct maternel de la femelle soit dès lors utile à l'espèce, il faut convenir que son adaptation est bien défectueuse. Mieux vaudrait que la mère, moins emportée ne quittât pas un instant la cellule et n'en vint pas aux voies de fait avec les agresseurs. Pas un oeuf ne serait perdu, et les malintentionnés en seraient pour leur convoitise non satisfaite. Comment débrouiller un tel chaos? Nous y renonçons pour ce qui nous concerne. On s'abuse, croyons-nous, à vouloir chercher partout et quand même la perfection dans la nature. Reconnaissons que tout n'est pas pour le mieux dans le monde des bourdons, pas plus que dans les autres.

Hofer unterscheidet demnach in seiner Beschreibung der Eiablage bei den Hummeln zwei Kategorien gleich wichtiger Erscheinungen; die eine betrifft jene Beziehungen, welche während der Ablage der Eier zwischen dem Weibchen und den Arbeiterinnen auftreten und dem Autor Veranlassung zu den trübseligen Betrachtungen bezüglich der Unvollkommenheit in der Natur gegeben haben; die andere Kategorie umfaßt jene Handlungen des Weibchens, welche unmittelbar die Eier und deren Unterbringung betreffen. Die erste Gruppe von Erscheinungen ist von dem Autor, wie wir dies gleich sehen werden, nicht richtig beurteilt worden; die zweite bedarf der Ergänzung. Dieses Erkenntnis wird durch die Beschreibung von Hofer selbst herbeigeführt. In der Tat: würde die Sache so verlaufen, wie der Autor es beschreibt, so könnten die Hummelfamilien niemals so zahlreich werden, wie sie es doch sind, da die Eier unvermeidlich von einer der Arbeiterinnen vernichtet werden würden, sobald das Weibchen sich an die Verfolgung einer anderen zudringlichen Arbeiterin macht; dies erfordert ja bedeutend weniger Zeit, als dazu erforderlich ist, sich mit irgend einer der am meisten zudringlichen Hummeln herumzubalgen und mit ihr auf den Boden zu rollen. Während derartiger Handgemenge können nicht nur ein sondern fünf „Gelege“ geraubt werden.

Was geht denn nun aber in Wirklichkeit vor sich, und was ist es, was Hofer irreführt hat und mit ihm auch diejenigen Autoren, welche, sich auf seine Beobachtungen berufend, nicht wissen, was sie mit der Bedeutung der von ihm beschriebenen Tatsache anfangen sollen?

Das Weibchen bewegt sich, wie alle Glieder der Hummelfamilie, bei jedem Werke, das sie unternimmt, sehr viel, ohne doch wesentlich von der Stelle zu kommen. Auch die Eiablage bildet keine Ausnahme von dieser Regel. Das Weibchen „scheint“ zu dieser Zeit sehr aufgeregt; in Wirklichkeit ist es nur etwas mehr geschäftig als zu anderen Zeiten; es bereitet sich vor, Eier zu legen, d. h. einen der bei ihm genau festgelegten Instinkte zu erfüllen. Es stößt die Hummeln, die ihm dabei in den Weg kommen, und das ist, da jene sich auf denselben Stellen wie das Weibchen aufhalten und zwar meist in seiner nächsten Nähe, beständig der Fall. Dabei jagt das Weibchen sie nicht energischer und nicht „erboster“ fort, als wir dies bei dem Herumstoßen der Arbeiterinnen selbst untereinander beobachteten, wenn dieselben aus irgend welchem Grunde erregt sind, z. B. bei dem Ausbessern einer Zelle oder wenn eine oder zwei Arbeiterinnen anfangen, sich rasch auf den Waben herumzubewegen, wobei sie die anderen stoßen und wenn dieselben nicht nachgeben, sie mit den Beinen und Kiefern umklammern und über die anderen Hummeln hinweg auf den Boden rollen.

Diese letzteren Szenen kann man jederzeit sehen, sobald man zum Zwecke der Beobachtung das Licht in das innere Nest dringen läßt, und dadurch die Hummeln in mehr

oder weniger hohem Grade beunruhigt werden. Nachstehendes findet sich in einem meiner Notizbücher verzeichnet:

Als ich ein Nest von *Bombus muscorum* in der Gefangenschaft abends (bei künstlichem Lichte) beobachtete, bemerkte ich, daß einige Individuen ohne sichtbare Ursache miteinander in Streit gerieten, wobei sie die Stachel in Anwendung brachten, Hals über Kopf übereinander rollten u. dergl. m. Mit einem Worte, es ergab sich genau dasselbe Bild, welches ich gesehen hatte, wenn die Hummeln ein in ihr Nest verbrachtes Individuum einer anderen Art überfielen. Derartige Aufzeichnungen finden sich ziemlich häufig. An einer anderen Stelle notierte ich, daß bei dem Angriff einer Hummel auf eine andere, diese andere den Angriff nicht erwidert, sondern die Beine an den Leib zieht und ruhig sitzen bleibt, ohne sich von der Stelle zu rühren. Nachdem die angreifende Hummel eine Zeit lang um sie herumgegangen ist, läßt sie sie in Ruhe und geht zu einer anderen Hummel, mit welcher sie ebenfalls eine Balgerei beginnt.

Alle solche und analoge Erscheinungen waren mir lange Zeit hindurch völlig unverständlich, bis es mir endlich gelang, mir den wahren Charakter dieser Tätigkeit überhaupt klar zu machen, namentlich zu einer Zeit, wenn die Hummeln gereizt sind, wie dies immer der Fall ist, wenn sie beobachtet werden, wobei das Nest offen gehalten werden muß. Gerade unter solchen Umständen aber mußte auch Hofer seine Beobachtungen an dem legenden Weibchen anstellen, welches dieses Geschäft unter normalen Verhältnissen im Dunkeln erledigt.

Dieses Herumstoßen und Balgen unter abnormen Bedingungen, in welche die Hummeln durch den Beobachter unabsichtlich versetzt werden, indem er diejenigen Vorgänge beleuchtet, welche sonst mit Ausschluß des Lichtes vor sich gehen — ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung und geht in den meisten Fällen spurlos vorüber. Hofer hat sie durchaus irrtümllicherweise für einen Kampf zweier Parteien angesehen, von welchen die eine die künftige Nachkommenschaft verteidigte, während die andere dieselbe angriff und zu vernichten suchte.

Ein aufmerksames Studium des Charakters der Tätigkeit der Hummeln läßt erkennen, daß der Grundzug dieser Tätigkeit, soweit sie den Bedingungen des Zusammenlebens entspringt, darin liegt, daß die bewiesene Geschäftigkeit größer ist als die mit ihrer Hilfe erzielten Resultate: an Arbeit fehlt es nie; stets werden Anstrengungen gemacht; alle Handlungen erfolgen in übertrieben hastiger und geschäftiger Weise; gleichviel ob es sich um das Zusammenscharren von Baumaterial nach einer Verletzung des Nestes, um das Einlegen des mitgebrachten Futters in eine Zelle, oder um „Zusammenstöße“ untereinander handelt — die Hummeln besorgen diese Arbeit, welche gerade an der Reihe ist, mit erregter Eile, Beharrlichkeit und hastigen Bewegungen. Man braucht z. B. nur zuzusehen, mit welcher „Verzweiflung“ eine Hummel gegen die Fensterscheibe schlägt, wenn der Beobachtende während ihres Ausfluges aus dem Stocke das Fenster schließt; allein es vergehen nur wenige Sekunden und die Hummel kehrt zurück, als ob sie gar keine Unruhe ausgestanden hätte; oder aber man muß sehen, mit welcher „Bosheit“ eine Hummel an dem Netze sich herumbewegt, mit welchem man ein am Walde rande aufgefundenes Nest bedeckt hat, mit welcher fürchterlicher Geschwindigkeit sie in allen Richtungen an diesem Netze herumfliegt — indem sie den Feind sucht, würde ein Autor

sagen, welcher ad hominem urteilt. Dem ist aber nicht so: die Hummeln fliegen herum infolge der angeborenen Gabe, „sich viel zu bewegen, ohne vorwärts zu kommen“. Es vergehen wenige Sekunden, und die soeben noch erbot herumschwirrende Hummel läßt sich plötzlich auf eine Blüte nieder, welche während des rasenden Hin- und Herfliegens ihre Aufmerksamkeit erregt hat, und bewegt sich nunmehr auf dieser auf und ab, aber in anderer Weise, indem sie hurtig die Beinchen bewegt und ihren langen Rüssel hier und da in die Blüte versenkt. Es genügt, wenn man alle diese und die zahllosen Erscheinungen ähnlicher Art sieht, um sich den wahren Charakter ihrer Tätigkeit in dem von Hofer angeführten Falle vollständig klar vorstellen zu können: Die Bewegungen des Weibchens, welches mit seiner Stirne die in der Nähe befindlichen Arbeiterinnen stößt und von Zeit zu Zeit mit einer derselben handgemein wird, sind absolut identische Erscheinungen mit den zahllosen Zusammenstößen der Arbeiterinnen unter sich.¹ Der ganze Unterschied besteht nur in der etwas größeren Hastigkeit und der noch höheren Erregtheit.

Zieht man indessen die Bedingungen in Betracht, unter welchen diese Zusammenstöße vor sich gehen, d. h. die Stärke des inneren, die Tätigkeit des Weibchens bedingenden Triebes, sowie die Stärke der äußeren Reize infolge der zentralen Rolle, welche das Weibchen in der Familie der Arbeiterinnen spielt — diese letzteren bewegen sich um das Weibchen herum hin und her, wenn dasselbe der Ruhe bedarf, ebenso wie sie dies zu jeder anderen Zeit auch tun, wo dieses sich Hin- und Herbewegen dem Weibchen ganz gleichgültig ist — so erscheint die überflüssige Geschäftigkeit und Erregtheit vollständig begreiflich.

Die Unrichtigkeit der mitgeteilten Beschreibung kann auch auf einem anderen, unvergleichlich leichteren und kürzeren Wege festgestellt werden, als dies durch das Verständnis des Charakters der Tätigkeit der Hummeln erzielt wird.

Man öffne den von dem Weibchen angefertigten Wachsbaue, worin die von ihm gelegten Eier sich befinden, und den ich als Eierzelle bezeichne, Taf. I, Fig. 6, 7, 17 u. 18 pi [Ende Juni findet man deren in jedem Hummelneste zu mehreren Stücken], und tue dies sogar bei einem Neste, welches nicht im Freien, sondern im Zimmer beobachtet wird; man bedecke darauf das Nest so, daß es sich im Dunkeln befindet. Nach 15—20 Minuten decke man das Nest wieder auf und man wird die Eierzelle vollständig ausgebessert vorfinden. Beobachtet man, wie dies geschieht (indem man den Kasten mit einer Glasscheibe und diese mit einem abnehmbaren Brettchen bedeckt), so wird man sehen, daß die Ausbesserung von den Arbeiterinnen ausgeführt wird. Ich habe derartige Versuche Dutzende von Malen angestellt, sowohl absichtlich wie auch unabsichtlich, indem ich die Eierzelle gelegentlich einer anderen im Hummelstocke ausgeführten Arbeit zerstörte, und fast immer war ich Zeuge ein und derselben Erscheinung: nachdem die Arbeiterinnen auf die zerstörte Eierzelle gestoßen waren, befühlten sie sorgfältig die bloßgelegten Eier und gingen sodann an die Ausbesserung der Zelle. Nur ganz ausnahmsweise beobachtete ich, wie Arbeiterinnen ein Ei aus einer Eierzelle ihres von mir zerstörten Nestes auffraßen. Dies traf dann ein, wenn die Eierzellen von den Hummeln selbst zerstört worden waren; aus welchem Grunde und auf welche Weise diese Zerstörung erfolgte, davon wird seinerzeit die Rede sein. Derartige Fälle bilden jedoch eine Ausnahme und treten stets infolge eines Zufalles ein: unter nor-

¹ Hierzu kommen noch die Betrachtungen, welche ich im III. Kapitel des zweiten Teiles, Abschnitt C anführen werde.

malen und der Norm nahestehenden Bedingungen kommen solche Erscheinungen niemals vor, und der Satz von Prof. Pérez, daß die Hummeln „se jettent avidement sur les oeufs frais pondus pour s'en repaître“, steht in direktem Widerspruche mit meinen Beobachtungen. Ich vermute jedenfalls, daß das Weibchen, nachdem es die Eiablage beendet hat, die Eierzelle durchaus nicht aus Furcht, die Arbeiterinnen möchten ihre Eier aufzehren, sondern aus dem Grunde selbst verschließt, weil dies eine ihm zukommende Arbeit ist, und die für seinen Teil genau fixierten Instinkte von dem Weibchen unfehlbar ausgeführt werden. Die Arbeiterinnen drängen sich nicht aus dem Grunde in der Nähe herum, weil sie auf eine günstige Gelegenheit warten, sich an einem „leckeren Bissen“ zu delectieren, sondern weil es ihre Aufgabe ist, dort zu sein, wo das Weibchen sich aufhält.

Es bleibt nunmehr noch die Frage zu beantworten, welchen Beitrag die soeben besprochenen, die Ablage der Eier durch die Weibchen der Hummeln begleitenden Erscheinungen denn eigentlich zu der vergleichenden Psychologie der solitären und gesellig lebenden Insekten liefern? v. Buttler-Reepen bemerkt, indem er die obenerwähnten Beobachtungen Hofers über die Eiablage der Hummelweibchen anführt, wonach das Weibchen in dem Neste ein Wachsplättchen anbringt, die Eier und das Futter darauflegt und beides mit einer Wachshülle umschließt, daß aus diesen Beobachtungen die Reihenfolge bei der Arbeit des Weibchens nicht genau zu erschen ist: d. h. ob das Weibchen seine erste Pollenladung auf den Wachsfleck deponierte und darauf den Bau der Ringzelle begonnen hat, oder ob es umgekehrt zuerst die Zelle anlegte und dann erst den Pollen in dieselbe abtut. Jedenfalls, so fügt er hinzu, wird die Nahrung von den Hummeln eingesammelt, ehe die Zelle fertig ist. Die Notwendigkeit dieser Schlußfolgerung sowie der Wert, welchen er der etwas unvollständigen Beschreibung Hofers beilegt, haben ihren Grund darin, daß er der Reihenfolge, in welcher die Insekten Nahrung für ihre Larven suchen, das Ei ablegen und die Zelle aufbauen, eine wichtige phylogenetische Bedeutung zuspricht.

v. Buttler-Reepen vermutet, daß die Reihenfolge 1) Nahrung, 2) Ei und 3) Zelle für die Hummeln charakteristisch ist und dem ursprünglichen Verfahren entspricht, indem diese selbe Ordnung auch bei den solitären Bienen beobachtet wird. Eine ganz andere Erscheinung sehen wir seiner Ansicht nach bei den gesellig lebenden Bienen, *Apis mellifica*, wo die Reihenfolge so lautet: 1) Zelle, 2) Eier und 3) Nahrung, weshalb die Bienen nach v. Buttler-Reepen die genetisch nächstfolgende, höhere Form der Geselligkeit repräsentieren.

Da jedoch das Hummelweibchen, nachdem es die erste Zelle (nach meiner Terminologie nicht die „Zelle“, sondern die erste „Larvenzelle“) aufgeführt hat, anfängt, den Larven Nahrung zu bringen, so nähert es sich durch diesen neuen Instinkt einer höheren Form der Geselligkeit. Wenn nun schließlich das Volk stark heranwächst, so beschäftigt sich das Weibchen fast ausschließlich nur noch mit Eierlegen, während die Arbeiterinnen alles übrige übernehmen. Von diesem Zeitpunkte an wird das Ansammeln von Vorräten nach v. Buttler-Reepen überflüssig, indem kein Mangel an Nahrung mehr eintreten kann. Die Eier werden in die leeren Zellen gelegt und es tritt fortdauernde Fütterung ein.

In diesem Gang der Entwicklung der jungen Hummeln und in den Beziehungen, in welchen die Weibchen und Arbeiterinnen dazu stehen, erblickt v. Buttler-Reepen ein prächtiges Beispiel des biogenetischen Gesetzes: das Weibchen wirkt am Anfange des Som-

mers wie eine solitäre Hymenoptere und tritt als Alleschafferin auf, während es sich schließlich nur noch mit dem Legen von Eiern beschäftigt, wie eine Königin von *Apis mellifica*.

Wir werden indessen sofort sehen, daß die Tatsachen, von welchen ausgehend v. Buttel-Reepen sein biogenetisches Gesetz aufstellt, nicht immer richtig sind; wären sie aber auch einwandfrei, so ist doch der Sinn dessen, was er ein biogenetisches Gesetz nennt, ein etwas anderer, als er vermutet.

Vor allem verwandelt sich das Weibchen bei den Hummeln niemals in einen Apparat zum Eierlegen, als welcher, wie v. Buttel-Reepen sich sehr richtig ausdrückt, das Weibchen von *Apis mellifica* erscheint. Vielmehr ist das Hummelweibchen, Gründerin der Familie, selbst fortwährend tätig: es bebrütet emsig, indem es auf den Waben herumgeht, sowohl die Eierzellen wie die Larvenzellen; es fliegt nur nicht aus dem Neste, ein Instinkt, welcher außerordentlich zweckmäßig erscheint, wenn man die Wichtigkeit der Rolle des Weibchens für das Leben des Hummelnestes und die häufig vorkommenden Fälle von Verletzungen der Flügel in Erwägung zieht.

Ferner sehen wir, daß bei den Hummeln das Weibchen bei den späteren Eiablagen nicht mit dem Futter, sondern mit dem Ei beginnt; die Reihenfolge der Akte, auf welche v. Buttel-Reepen seine Phylogenie aufbaut und auf Grund deren er die Hummeln zwischen die solitären Hymenopteren und die Honigbienen stellt, ist daher für diesen Zweck nicht geeignet, da sie keine beständige Erscheinung ist. Diese Reihenfolge kann lauten:

1) Nahrung; 2) Ei; 3) Zelle; es kann aber auch eine andere Folge eintreten:

1) Ei; 2) Nahrung; 3) Zelle; schließlich kann die Reihenfolge nachstehende Gestalt annehmen:

1) Ei; 2) Zelle; 3) Nahrung.

Wenn wir endlich auch in der Tat sehen, daß bei den solitären Hymenopteren die Reihenfolge nach v. Buttel-Reepen diese ist:

1) Nahrung; 2) Ei; 3) Zelle, so wird gleichzeitig auch folgende Ordnung beobachtet:

1) Zelle; 2) Nahrung; 3) Ei (welch letzteres, nachdem es abgelegt wurde, in der Zelle verschlossen wird, während die daraus Herausschlüpfende Larve sich selbst überlassen bleibt); d. h. mit anderen Worten, wir beobachten dasselbe, was wir auch bei solchen gesellig lebenden Insekten gesehen haben, welche in Bezug auf Geselligkeit, vom Gesichtspunkte v. Buttel-Reepens selbst aus betrachtet, die höchste Stufe der Komplikation erreicht haben. Es sind dies die *Meliponae* und *Trigonae*, bei welchen die Reihenfolge genau dieselbe ist, wie wir sie bei den solitären Hymenopteren sehen, d. h.

1) Zelle; 2) Nahrung; 3) Ei. Nachdem dieses letztere gelegt ist, wird es verschlossen und die daraus hervorgehende Larve wird sich selbst überlassen.

Die Erscheinungen, welche die Eiablage bei den Hymenopteren begleiten, liefern demnach weder für die Feststellung der Phylogenie noch für die Feststellung des Fortschrittes in den die Eiablage begleitenden Instinkten einen wesentlichen Beitrag.

Kapitel II.

Die Pflege der Brut durch die Mitglieder der Hummel-„Familie“.

Diese Pflege macht sich bei den Hummeln bemerkbar A) in dem „Bebrüten“ der Larvenzellen und Kokons, B) in der Aufsicht über die Behausungen der Larven und C) in dem Füttern der Brut.

Die psychische Natur der Tätigkeit bei den Hummeln, soweit sie mit der Brutpflege im Zusammenhange steht, wird, außer den in den angeführten Rubriken erwähnten Tatsachen, ferner noch festgestellt: a) durch Beobachtungen an Hummeln, welche noch vor dem Verlassen des Kokons isoliert wurden, und b) durch die Tatsache der Vernichtung von Eiern und Larven des eigenen Nestes durch die Hummelarbeiterinnen.

A. Das „Bebrüten“.

Wir beginnen mit diesem Instinkte der Hummeln, weil diese letzteren, eben erst aus dem Kokon ausgekrochen und noch kaum gehörig trocken geworden, ihre Tätigkeit mit dem Bebrüten beginnen.

Indem v. Buttler-Reepen die Beobachtungen Hofers über diese Erscheinung bei den Hummeln erwähnt, meint er, daß dieser Autor hierüber ganz außergewöhnliche Dinge mitteilt, wenn er sagt, daß die Hummeln „sich sogar platt auf den Zellen ausstrecken und den Kopf andrücken, um die Zellen besser erwärmen zu können“. Diese Ansicht erscheint v. Buttler-Reepen irrtümlich. Wir werden jedoch weiter unten sehen, daß Hofer diese Erscheinung äußerlich ganz richtig beschrieben hat und daß die Zweifel v. Buttler-Reepens unbegründet sind.

Was die Deutung dieser Erscheinung durch Hofer betrifft, indem er angibt, daß die Hummeln auf solche Weise die Larven erwärmen, so glaube ich, daß diese Vermutung der Bestätigung bedarf, nicht aber rundweg geleugnet werden kann, wie es v. Buttler-Reepen tut, welcher zur Bekräftigung seiner Negation keinerlei tatsächliche Gründe anführt; er meint nur, die Temperatur der Hummeln sei zu diesem Zwecke zu gering und spricht die Vermutung aus, daß nicht die Hummeln ihre Larven erwärmen, sondern daß umgekehrt die Hummeln von den Larven erwärmt werden.

Beide Voraussetzungen sind gleichermaßen wenig beweisend. Meine eigenen Beobachtungen über diesen Gegenstand ergaben folgende Resultate:

1) Die Hummeln „bebrüten“ sehr eifrig nicht nur die Larvenzellen, sondern auch die Eierzellen-Pyramiden, sowie die Kokons, welche Puppen enthalten (Fig. 57, 58, 59) und welche den sie bebrütenden Individuen keine Wärme abgeben können.

2) Das Bebrüten wird von den Hummeln auch zu solchen Tagesstunden betrieben, wo die Hitze im Neste so bedeutend wird, daß sie mehrere Hummeln als „Ventilatoren“¹ an dessen Oberfläche getrieben hat, um die Luft abzukühlen.

¹ Siehe unten, III. Teil, 1. Kapitel, Abschnitt F über die „Trompeter“.

3) Endlich bebrüten die Hummeln, wenn kein passendes Objekt für die Bebrütung vorhanden ist, eifrigst Stückchen Wachs (ce), welche sich zufällig am Rande der Futter-schachtel (b-a) angesammelt hatten (Fig. 60), oder aber einfach den Wachsdeckel des Nestes; selbstverständlich können die Hummeln von diesen Gegenständen keine Wärme empfangen.

Ich vermute daher, daß die Bedeutung dieser Tätigkeit, welcher sich die Hummeln mit einer außerordentlichen Beharrlichkeit und Ausdauer hingeben, keine gleichartige ist. Zieht man die Art und Weise in Betracht, wie die Weibchen und Arbeiterinnen das Bebrüten ausführen (sie dehnen ihren Hinterleib aus, machen ihn flach und strecken ihn platt auf die zu bebrütenden Gegenstände aus, wobei sie ihre Beine fächerartig nach allen Seiten



Fig. 57.



Fig. 58.



Fig. 59.



Fig. 60.

hin ausbreiten (Fig. 57, 58, 59), so könnte man mit Bestimmtheit vermuten, daß diese Tätigkeit eine direkte Einwirkung auf die Entwicklung der Larven ausübt; diese Vermutung findet eine Bestätigung in der Tatsache, daß Kokons, welche nicht bebrütet wurden, wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, in der Entwicklung zurückbleiben.

Andererseits können jene Handlungen der Hummeln, welche wir mit dem Worte „Bebrüten“ bezeichnen, noch eine andere Bedeutung haben und besitzen dieselbe wahrscheinlich auch.

Die Sache ist die, daß das Hummelnest eine große Anzahl von Parasiten in sich beherbergt. Solchen steht ja der Zugang zum Neste, das vieles, was Schnarotzer anlocken kann, enthält, von allen Seiten offen, wozu noch kommt, daß die Hummeln außerordentlich „gutmütige“ Geschöpfe sind. Mit den rechtmäßigen Bewohnern des Nestes sich in einen offenen Kampf einzulassen, riskieren jedoch nur die wenigsten dieser Eindringlinge, während die Mehrzahl von ihnen sich sofort zurückzieht, sobald sie die Berührung mit einem der Nesteigentümer spürt. Da nun die Hummeln, indem sie die Beine fächerartig ausstrecken und sich flach ausbreiten, wie dies auf den Fig. 57, 58, 59 und 61 angegeben ist, sowohl die Eierzellen wie die Larvenzellen und Kokons mit ihrem Körper überall bedecken, so gewinnen sie die Möglichkeit, jedem Versuche eines Anschlages auf dasjenige, was sie zu hüten berufen sind, vorzubeugen.

Ich habe mehrfach beobachten können, einen wie starken Widerstand die Hummeln zu dieser Zeit jeder Art von Käfern und Larven entgegensetzen, welche zur un rechten Zeit dahin geraten sind, wo sie Beute vermuteten. Die Feinheit des Tastsinnes der Hummeln ist eine erstaunliche: die allerleichteste Berührung ihrer Beine durch einen dünnen Grashalm ruft sofort eine Gegenreaktion hervor.

Eine andere Frage bildet die Psychologie des Prozesses. Hierin kommt v. Butteler-Reepen der Wirklichkeit sehr nahe, indem er vermutet, daß die Hummeln bei dieser Tätigkeit nicht durch das Bewußtsein der Bedeutung jener Arbeit, welche sie vollbringen, sondern einfach durch ein Gefühl des Angenehmen geleitet werden, welches sie dabei empfin-

den; hierbei ist, wie ich von mir aus bemerken will, zu beachten, daß dieses Angenehme durchaus nichts mit dem Empfangen von Wärme von seiten der Larven zu tun hat, wie aus den von mir beobachteten Fällen des Bebrütens von Wachsstückchen auf dem flachen Boden des Kastens hervorgeht, oder des Nestdaches, oder von Wachsstückchen (ce), welche sich in einer Ecke der Schachtel (a b) mit Futter angesammelt hatten (Fig. 61).

B. Die Beaufsichtigung der Behausungen für die Larven durch Hummelarbeiterinnen.

Die Wichtigkeit einer Pflege der Eierzellen geht aus folgendem hervor: Nimmt man eine Eierzelle vorsichtig und zwar mit einem Teil des Kokons (auf welchem sie ja von dem Weibchen stets angebracht werden), hinweg, so daß die Eierzelle selbst gar nicht berührt wird, so geht sie schließlich doch immer und unausbleiblich zu Grunde, indem sie austrocknet. Ich habe den Versuch gemacht, solche Eierzellen in Honig zu tauchen. Diese hielten sich unvergleichlich länger und trockneten nicht aus, ebenso wie auch die darin befindlichen Eier nicht austrockneten, während sie in ersterem Falle zu Grunde gingen. Aus dem soeben Gesagten kann man schließen, daß die Hummeln, indem sie sich fortwährend auf der Eierzelle herumbewegen und dieselbe von Zeit zu Zeit mit den Kiefern befühlen, dieselbe mit Honig einschmieren und ihr auf diese Weise die nötige Weichheit verleihen, wodurch die Eierzelle vor dem Austrocknen bewahrt wird.

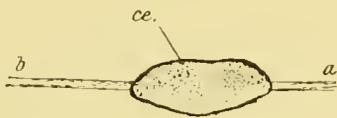


Fig. 61.

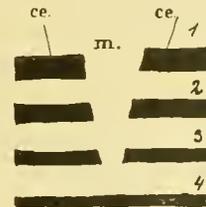


Fig. 62.

Was die Wartung der Larvenzelle betrifft, so besteht sie in folgendem: Je weiter die Entwicklung der Larven fortschreitet, desto dünner wird die sie umschließende Wachshülle, da die Larven, indem sie sich weiter entwickeln, immer mehr und mehr an Größe zunehmen; sie drängen dabei die Wachshülle auseinander, welche die Larvenzelle bedeckt; die sich hierbei bildenden Risse verstopfen die Arbeiterinnen, indem sie rechts und links an dem Risse vorsichtig kleine Stückchen Wachs ankleben, wodurch die Öffnung verschlossen wird. Die Fig. 62 zeigt in grob-schematischer Darstellung den Hergang einer solchen Arbeit. Es bedeutet hier

1. — den Moment der Bildung eines Risses; ce — dicke Wachsschicht der Larvenzelle (natürlich bedeutend vergrößert), m — Riß (entsprechend vergrößert);
2. — den Moment, wo die Hummeln eine kleine Portion Wachs von der dem Risse zugewandten Fläche der Eierzelle abgenommen und mit ihr den Riß einigermaßen verstopft haben;
3. — einen weiteren Moment im Gange der Arbeit, wo die Wachsschicht noch dünner, die Öffnung dagegen noch kleiner geworden ist; endlich
4. — den Moment, wo der Riß ganz verschlossen ist, während die Wachsschicht noch dünner geworden ist.

Man muß übrigens nicht denken, daß die Hummeln zum Bau der sich vergrößern- den Larvenzelle nur den bereits vorhandenen Vorrat an Wachs verwenden; derselbe würde nicht genügen, wie dünn sie die Zelle auch machen wollten; darum bereiten die Hummeln fortwährend neue Vorräte davon.

Der Umstand, daß die Hummeln die Hülle in der angegebenen Weise immer dünner und dünner machen, wobei sie sich von dem durch das Wachstum der Larve von innen auf die Hülle ausgeübten Druck leiten lassen, wird außer durch direkte Beobachtungen über die Arbeit der Hummeln an den Larvenzellen auch noch durch folgende Tatsache festgestellt. Es kommt bisweilen vor, daß die Eierzelle auf einem Kokon mit verhältnismäßig sehr dünnen Wänden angebracht wird, in welchem die Larve aus irgend welchem Grunde eingegangen ist. Da in solchen Fällen der von den Larven ausgeübte Druck am Deckel der Larvenzelle größeren Widerstand findet als von seiten der Kokonwandung, so gibt die letztere dem Drucke allmählich nach und bildet, indem sie sich einbuchtet, ein ziemlich tiefes Grübchen, wie dies auf Fig. 63 zu sehen ist; dies dauert so lange fort, bis endlich die weitere Bewegung in dieser Richtung unmöglich wird, indem die Wachsdecke an den Punkten *a* und *b* sich abzulösen beginnt.

In der einfachen wie in der zusammengesetzten Larvenzelle geht die Entwicklung ihren Gang und zeigt äußerlich folgende unterscheidbaren Momente. Anfänglich nimmt die Larvenzelle, indem sie sich mit zunehmender Nahrungszufuhr entwickelt, an Größe zu und erreicht bisweilen sehr bedeutende Dimensionen (je nach der Anzahl der darin befindlichen Larven), wobei sie die ganze Zeit über eine gleichmäßige kugelförmige Oberfläche aufweist (Taf. I, Fig. 10). Späterhin beginnen sich auf dieser Oberfläche Erhabenheiten zu bilden (Taf. I, Fig. 11), welche anfangs kaum bemerkbar sind, aber mit der Zeit mehr und mehr sichtbar werden, und zwar nicht nur aus dem Grunde, weil sich an der betreffenden Stelle ein Hügelchen bildet, sondern auch deshalb, weil die Wachshülle hier immer heller und heller wird, wie dies in den Figuren 12, 13 und 14 auf Taf. I dargestellt ist. Das Hügelchen besteht aus Kokons, welche schließlich aus der gemeinsamen Masse hervortreten und von den Arbeitshummeln zur Hälfte von ihrem Wachs befreit werden (Taf. I, Fig. 14 coc).

Hoffer beschreibt diesen Prozeß der Entwicklung der Larvenzelle nicht ganz richtig. Er sagt folgendes:

¹ Au fur et à mesure, la mère remplace la nourriture consommée, en même temps qu'elle agrandit la cellule autour des larves en rongéant le haut avec ses mandibules, élargissant de plus en plus le godet qu'elles forment, et consolidant les parois avec de la cire, jusqu'à ce qu'enfin la cellule acquiert à peu près les dimensions d'une noix. Les larves ont alors atteint le terme de leur croissance et sont âgées de quinze jours environ. Elles se filent une coque de soie dans la cellule de cire, et s'y enferment. Une cellule contient ainsi trois, huit, dix cocons ou plus, au tant qu'il y avait eu d'oeufs pondus, et ces cocons sont disposés sans ordre les uns à côté des autres. La mère ronge et enlève la cire autour des cocons et facilite ainsi l'éclosion des jeunes ouvrières, qui surviennent au bout de quinze autres jours environ. La famille, plus riche, peut se donner du confort; les cellules reçoivent une toiture protectrice en cire; des parois latérales, en cire également, s'y adjoignent quelquefois.

Durch meine Beobachtungen bestätigt es sich nicht, daß sich das Weibchen allein hiermit beschäftigt, ebenso nicht, daß die Beendigung des Prozesses mit der Größe der

¹ Nach Pérez.

Larvenzelle in Verbindung steht, welche hierbei keine Rolle spielt; der übrige Teil der Beschreibung bedarf einiger Ergänzungen.

Eröffnet man eine Larvenzelle in dieser Periode der Entwicklung, so sehen wir, daß eine jede Erhebung einer großen Larve entspricht. Die auf Taf. I, Fig. 10 abgebildete Larvenzelle enthält demnach sechs Larven. Anfänglich liegen dieselben nebeneinander in der Larvenzelle ohne in irgend welcher Weise voneinander geschieden zu sein. Erst nachdem sie eine gewisse Entwicklungsstufe erreicht haben, machen sich die Larven an die Anfertigung eines Kokons aus Seidenfäden, welche sie vermittelst spezieller, in die Mundöffnung mündender Drüsen ausscheiden. Diese Arbeit geht bei ihnen sehr langsam vor sich; die Fäden werden im Verlaufe von 4—5 Tagen untereinander befestigt. Die Exkremente, welche die Larven während dieser Zeit abscheiden (Fig. 64 ex), werden auf den Boden des Kokons abgelegt, so daß dessen definitiver Umfang etwas bedeutender ist als die Größe der Larve und der von ihr bewohnten Kammer. In Fig. 64

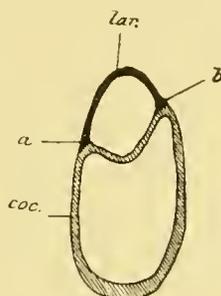


Fig. 63.

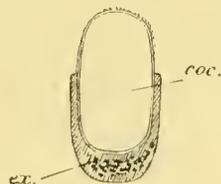


Fig. 64.

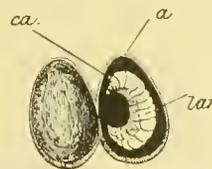


Fig. 65.

sehen wir einen Kokon nach beendeter Arbeit im Durchschnitte: coc — der eigentliche Kokon, welcher von gelber Farbe ist, ex — der Boden des Kokons; dieser ist von innen mit der gleichen Masse von Seidenfäden ausgelegt, während die eigentliche Masse des Bodens zum Teil aus Wachs, welcher von der Larvenzelle her an den Kokons haften bleibt, größtenteils aber aus den Exkrementen der Larven besteht. Infolge dieser Einrichtung der Kokons ist die Larve für feindliche Angriffe von unten fast unzugänglich. Solche Angriffe erfolgen entweder von den Seiten oder von dem Gipfel aus, welcher von den Gliedern der „Gemeinde“ bewacht wird. Innerhalb des Kokons (Fig. 65) liegt die Larve in etwas gebogener Stellung, wobei ihr Kopfende (ca) dem Gipfel der Zelle (a) zugekehrt ist.

C. Das Füttern der Brut.

Gleichzeitig mit der Pflege und Beaufsichtigung der Behausungen für die sich entwickelnden Larven erfolgt die Pflege und Fütterung der Larven selbst. Die erste Brut wird von dem Weibchen aufgezogen, alle nachfolgenden hauptsächlich (zum Schlusse sogar ausschließlich) von den Arbeiterinnen. Ich habe bereits erwähnt, daß, wenn auch bei einigen Hummeln das Weibchen nach dem Ablegen des Eies, bevor es die Eizelle mit Wachs verschließt, einen kleinen Vorrat von Nahrung in dieselbe tut, ich doch in den meisten Fällen keinerlei Nahrungsvorräte in den Eizellen beobachtet habe; diese letzteren enthalten nichts außer den Eiern.

Wie ernähren sich nun die Larven?

Sie erhalten die Nahrung durch die pflegenden Hummeln, und zwar entweder unmittelbar von dem Orte der Tracht, oder aus den aufgespeicherten, aus Honig und Brot bestehenden Vorräten. Nach dem Ausschlüpfen der jungen Hummeln aus den Kokons werden nämlich diese letzteren mit Vorräten angefüllt.

Das erstere (d. h. die Ernährung direkt vom Orte der Tracht) geschieht auf sehr einfache Weise: Nachdem die Hummel mit Honig angefliegen gekommen ist, sucht sie sich ein passendes Näpfchen aus, in welches sie Kopf und Brust versenkt. Nachdem sie so lange verweilt hat, wie nötig ist, um die Beute abzuladen, fliegt sie fort, um eine neue Tracht zu holen.

Mit dem Brote geht die Sache etwas anders vor sich. Nachdem die Hummel mit dem Vorrat von Blütenstaub an den Beinen zurückgekehrt ist, läuft sie unruhig auf den Waben hin und her, indem sie einen Platz sucht, um ihn abzuladen, da das Brot nicht nur in Näpfchen, sondern auch in Zellen gesammelt wird; es wird endlich auch direkt am Fuße der Eierzellen abgelegt, wie wir dies später sehen werden. Nachdem die Hummel einen passenden Ort aufgesucht hat, z. B. ein Näpfchen, so wendet sie sich demselben in der Weise zu, daß sie die hinteren Beine in dasselbe versenken kann. Wenn dies geschehen ist,



Fig. 66.



Fig. 67.

streift sie leicht mit den anderen Beinen die mitgebrachten Vorräte von Nährmaterial ab. Die Fig. 66 zeigt uns ein hinteres Beinchen einer Hummelarbeiterin mit einem Vorrat von Brot, die Fig. 67 endlich das Brot selbst, wie es deponiert wurde.

Nachdem die Hummel ihre Arbeit verrichtet hat, trippelt sie einige Zeit lang neben dem Näpfchen auf und ab, reinigt sich sodann mit den Beinen und fliegt nach neuen Vorräten davon. Eine andere Hummel tritt an das Näpfchen heran, beugt sich in dasselbe hinein und müht sich damit ab, die mitgebrachten Vorräte an Brot zu kneten und sie zu ordnen. Das Resultat dieser Arbeit ist ganz nichtig, wie auch die Arbeit selbst, allein der Bemühungen der Hummel, ihres Getues in dem Näpfchen und des Herumtretens in dessen Umgebung ist kein Ende. Überhaupt bietet das Inordnunghalten der Brotvorräte in den Näpfchen eines der auffallendsten Beispiele für das Mißverhältnis zwischen Aufwand an Zeit und Arbeit einerseits und den dabei erzielten Resultaten andererseits.

Es erübrigt noch hinzuzufügen, daß nicht alle Hummeln Brot sammeln und daß dies nicht zu allen Zeiten geschieht; dazu gehören besondere Antriebe nicht nur da, wo das Brot gesammelt wird, sondern auch im Neste. Wenn z. B. infolge anhaltender Regengüsse die Larvenzellen ohne Nahrungsvorräte bleiben, so bieten am ersten sonnigen Tage die Wiesen ein lebhaftes Bild der Brotvorräte sammelnden Hummeln. Stellt man sich zu dieser Zeit über an ein Nest, so kann man beobachten, wie eine Hummel nach der anderen mit Vorräten dahin zurückkehrt. Zu anderen Zeiten werden überhaupt keine derartigen Vorräte angelegt, sondern die Hummeln sammeln ausschließlich Honig. Sehr interessant pflegt dieses Einsammeln in der Periode der Entwicklung von Weibchen zu sein. Überhaupt sind die Zellen gegen Ende Juli und Anfang August meist von Honigvorräten überfüllt, besonders wenn das Wetter der Tracht günstig ist.

Ich habe bereits gesagt, daß die Hummeln, wenn sie mit einem Vorrat von Brot an den Hinterbeinen in das Nest geflogen kommen, denselben bisweilen direkt zu den Larvenzellen tragen. Dabei bewegen sie sich lebhaft (wie immer) auf den Waben hin und her, indem sie einen Platz suchen, wo sie dasselbe ablegen könnten. Beobachtet man sie zu dieser Zeit, so sieht man unschwer, daß dieses Brot entweder direkt an der Basis der Eierzellen und Larvenzellen oder in besondere Wachzellen abgelegt wird, welche von den Hummeln an diesen wie an jenen angebracht werden. Auf der Fig. 68 kann man (in sehr vergrößerter schematischer Darstellung) sehen, wie das Nährmaterial in die Eierzelle mit deren fortschreitender Entwicklung eingeführt wird. A — stellt den Moment dar, wo das Nährmaterial pp_1 nur an der Basis der Eierzelle pi angehäuft wird. B — den nachfolgenden Moment: pp_1 ist zum Teile bereits in die Höhlung der Eierzelle eingebracht. C — der Vorrat an Nährmaterial pp_1 befindet sich schon in dem Inneren der Larvenzelle, wobei die Größe der Larven schon so bedeutend zugenommen hat, daß die die Larvenzelle umschließende Wachshülle von dem in das Innere der Larvenzelle eingeführten Nahrungsvorrat bereits etwas nach vorne gedrängt ist. Zu dieser Zeit wird an eine ihrer Seiten ein neuer Vorrat von Brot, pp_2 herangebracht und auf dieselbe Art und Weise in das Innere geschafft, wie dies auf derselben Figur dargestellt ist. Die Zeichnung E zeigt uns den Moment, wo der Vorrat von Brot an zwei Stellen ziemlich tief am Boden der Larvenzelle untergebracht wird. Um diese Zeit ist die Wachshülle derselben aus bereits oben angeführten Gründen bedeutend dünner geworden.

Bisweilen wird das Brot — wie übrigens auch der Honig — nicht direkt an der Basis der Eierzelle, sondern in besonderen Wachzellen abgelegt, welche neben diesen angelegt sind und worin diese Vorräte, wie wir auf der Fig. 69 sehen, angesammelt werden. Weiter

unten spreche ich eingehender über derartige Zellen. Hier will ich nur mitteilen, daß sie mit ihrer Öffnung bisweilen nicht nach oben, wie dies gewöhnlich der Fall ist, sondern nach der Seite zu gerichtet sind. Einen solchen Fall sehen wir auf der etwas vergrößerten Fig. 69: *cel* — die Zelle, an deren Boden sich das Brot pp_2 befindet; *lar* — die Larven-

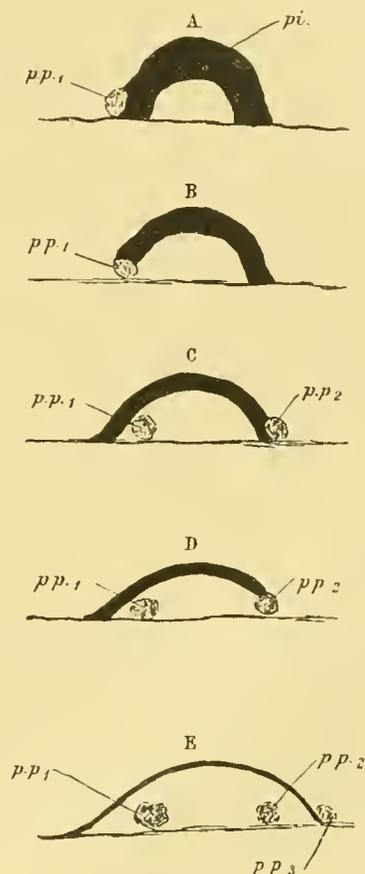


Fig. 68.

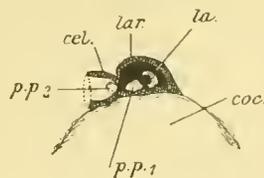


Fig. 69.

zelle; la — die darin befindliche Larve und pp_1 — der bereits in die Höhlung der Larvenzelle eingeführte Nahrungsvorrat; coc — der Kokon, auf welchem die Larvenzelle angebracht ist.

Das Futter wird den Larven demnach durch die Hummelarbeiterinnen zugestellt, nachdem die Eierzellen bereits angefertigt sind. Nur bei einigen Arten legen die Weibchen das Futter gleichzeitig mit der Eiablage in die Eierzellen, wie ich dies schon früher erwähnt habe (Taf. I, Fig. 5).

Bisweilen findet sich der Brotvorrat an drei Stellen der Larvenzelle, stets aber ziemlich nahe bei einander, da er in den ersten Tagen der Entwicklung der Eierzelle und der Larvenzelle vorbereitet wird.

Das Futter der Larven ist je nach den verschiedenen Perioden ihrer Entwicklung und nach den Kasten, welchen sie angehören, ein verschiedenes. Pérez teilt hierüber folgendes mit:

Circonstance fort remarquable, et qui n'a pas manqué de provoquer les reflexions des observateurs: tandis que les cellules destinées à recevoir des oeufs d'ouvrières sont garnies intérieurement de pollen et de miel, les cellules où sont pondus les oeufs des mâles et des femelles ne contiennent aucune provision.

Indem Huber die gleiche Tatsache vermerkt, stellt er die Frage:

Quelle peut être la raison de la différence des soins que les ouvrières donnent aux mouches des trois sortes?

Diese Frage beantwortet der genannte Autor in folgender Weise:

Ce n'est pas qu'il y ait moins de pollen sur les fleurs au mois d'août qu'il n'y en a au mois de juin, car les ouvrières en apportent tous les jours dans les mois d'août et de septembre, et d'ailleurs elles ont fait des provisions considérables à cette époque. Mais voici l'explication que je pourrais donner de cette négligence apparente. Le nombre des ouvrières est beaucoup plus grand au mois d'août qu'il ne l'est au mois de mai: Les vers qui sont nés dans le mois de mai et de juin courraient le risque de manquer de nourriture, s'ils n'avaient pas de provisions dans leurs cellules, car le petit nombre des ouvrières ne permettrait peut-être pas qu'elles aperçussent le moment où ils éclosent, et celui où ils ont besoin d'aliments; tandis qu'à la fin de l'été leur nombre peut suffire à surveiller et à nourrir tous les vers.

In nachstehendem will ich einige meiner Beobachtungen mitteilen, welche geeignet sind, Licht über diese Angelegenheit zu verbreiten.

Wenn infolge andauernder ununterbrochener Regengüsse und kalter Witterung, wie z. B. im Juni und in den ersten Tagen des Juli des Jahres 1902, kein großer Vorrat an Brot vorhanden war, während andererseits die Vorräte an Honig (da ich den Hummeln in der Gefangenschaft Bienenhonig vorsetzte) unbegrenzt waren, so bekamen die Larven der Arbeiterinnen während einer gewissen Periode ihres Lebens dennoch nichts außer Brot; Honig wurde ihnen erst gereicht, als dessen Reihe, nach Maßgabe ihrer Entwicklung, gekommen war. Fehlte es ganz oder fast ganz an Brot und hungerten die Larven, so wurde dennoch das Brot nicht etwa durch eine andere Art von Nahrung ersetzt, sondern das Ergebnis der Situation war entweder eine Verringerung des Wuchses der Arbeitshummeln bis zu ganz auffallend kleinen Dimensionen, oder aber die höchst interessante Erscheinung der Vernichtung der Larven, welche ich in dem nächsten Abschnitte mit einer Ausführlichkeit behandeln werde, deren sie vollauf wert ist.

In der Freiheit kehren die Hummelarbeiterinnen in den Perioden des Futtermangels infolge schlechter Witterung hauptsächlich mit Vorräten desjenigen Nährmaterials beladen in das Nest zurück, dessen Bedarf gerade an der Reihe ist. Untersucht man ihr Nest An-

fang Juni, so kann man sich davon überzeugen, daß die darin befindlichen Vorräte von Honig um ein vielfaches kleiner sind als die Vorräte an Blütenstaub Ende Juli und Anfang August, aber daß gerade umgekehrt die Vorräte an Honig viel größer sind als diejenigen an Blütenstaub, obgleich es, wie Huber sehr richtig bemerkt, auch jetzt nicht die geringsten Schwierigkeiten bietet, diesen letzteren einzusammeln.

Dieses sind die Tatsachen, welche den Beweis dafür liefern, daß die Erwägungen Hubers darüber, warum die Larvenzellen der Drohnen und Weibchen kein Brot enthalten, durch die Wirklichkeit nicht bestätigt werden. Die Ursachen, warum die Hummeln die Futterdiät der Larven ändern, liegen nicht in der im Laufe der Sommermonate wechselnden Zahl der zu Gebote stehenden Pflegerinnen. Sie sind vielmehr in den Instinkten enthalten, welche den Hummeln anzeigen, was in einer gewissen Lebensperiode für einen jeden Typus von Larven zu geschehen hat. Der Instinkt zwingt sie, ohne von dem Inhalte einer Eizelle mit Eiern von Arbeiterinnen Kenntnis zu haben, Brot für dieselben vorzubereiten, die Weibchen dagegen mit Futterbrei zu füttern. Ich sage mit Futterbrei und nicht mit Honig, wie Huber hierüber schreibt und nach ihm Pérez u. a. m. wiederholen, und zwar auf folgender Grundlage. Ich habe niemals Vorräte von Brot in Larvenzellen mit zukünftigen Männchen, wohl aber eine Larvenzelle in der Entwicklungsperiode der Männchen und Weibchen gesehen, welche mit einer Substanz von weißlicher Farbe (nicht mit Honig) gefüllt war; in dieser Substanz befanden sich, gleichsam darin schwimmend, die Larven. Auf Taf. I, Fig. 15 sind zwei dicht nebeneinanderliegende Larvenzellen *A* und *B* abgebildet. Die Zelle *A* ist nicht geöffnet und zwar so gezeichnet, wie sie von oben betrachtet erscheint. Die andere Larvenzelle ist nach Entfernung der oberen Hälfte ihres Wachsdeckels abgebildet; wir sehen hier die Schnittländer der Wachshülle der Larvenzelle *ce*, die weiße, die Larvenzelle anfüllende Masse (Futterbrei) *mb*, welche den Larven zur Nahrung dient, und diese Larven selbst *la*. Es ist von Interesse, daß die dicht neben der Larvenzelle *B* liegende Larvenzelle *A* Larven, aber nicht die geringste Spur von Nahrungsvorräten enthielt. Aus der Larvenzelle *A* entwickeln sich Drohnen, aus der Larvenzelle *B* Weibchen. Offenbar ist der Brei nahrhafter als Honig, mit welchem die Männchen aufgefüttert werden.

Wir dürfen also annehmen, daß die Wahl des Futters nicht durch äußere Umstände, sondern durch „innere“ Ursachen bedingt wird, nämlich durch die Instinkte der Arbeiterhummeln.

Was ist es nun, das den Hummeln anzeigt, welche Larven Männchen und welche Weibchen geben werden? Diese Frage ist einstweilen ebensowenig zu beantworten, wie diejenige, wodurch sich die *Melipona*-Arbeiterinnen dazu anleiten lassen, den Drohnenlarven die eine und den Weisellarven eine andere Nahrung anzubieten. Bei *Apis mellifica* wird die entsprechende Erscheinung gewöhnlich dadurch erklärt, daß die für jede Kaste verschiedene Form und Größe der Zellen das Auftreten ungleicher Fütterungstriebe hervorruft. Bei *Melipona* aber unterscheiden sich die Zellen, aus welchen die Drohnen hervorgehen, in keiner Weise von denjenigen der Arbeiterinnen und Weisel.

Ferner: Wodurch wird die Tätigkeit der Arbeiterinnen bei der Bestimmung des Futters für die Arbeiterinnen und Weibchen bestimmt, da doch die Eier, welche diese wie jene geben werden, anfangs vollständig gleich sind und ein jedes von ihnen sowohl eine Arbeiterin wie ein Weibchen geben kann? Die Beantwortung aller dieser und analoger

Fragen steht noch offen. Einstweilen kann man nur annehmen, daß die uns gleichartig erscheinenden Gegenstände in Wirklichkeit verschieden sind, und daß dieser Unterschied durch die Sinnesorgane der Insekten mit Leichtigkeit festgestellt wird: dann können diese Gegenstände auch verschiedene, für jeden gegebenen Fall passende Reaktionen hervorrufen.

Was die Art und Weise betrifft, wie die Larven mit Honig (Drohnen) und Brei (Weibchen) gefüttert werden, so ergibt sich aus meinen Beobachtungen, daß sowohl der Honig als auch der Brei den Larven in folgender Weise verabreicht wird: die Hummelarbeiterinnen stecken ihren Rüssel durch die dünne und zarte Wachshülle der Larvenzelle, ohne dabei natürlich auch die geringste Vorstellung davon zu haben, was sich hinter dieser undurchsichtigen Scheidewand befindet, und füttern die einen Larven „blindlings“, während

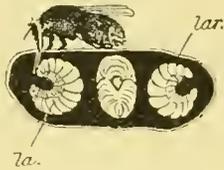


Fig. 70.

sie anderen soviel Nahrung abladen, daß sie davon allseitig umspült werden. Die Fig. 70 stellt den Moment dar, wo „männliche“ und „weibliche“ Larven von einer Hummelarbeiterin in solcher Weise „blindlings“ gefüttert werden (lar — Wand der Larvenzelle, la — Larve).

Diese Tatsache, in Verbindung mit dem Umstande, daß die Pflege der heranwachsenden Generationen mit dem Momente aufhört, wo sich die Vertreter dieser Generationen außerhalb der Kokons sehen lassen, d. h. gerade zu der Zeit, wo den Hummeln die Möglichkeit geboten wird, „ihresgleichen in ihnen zu erkennen“, und daß diese Pflege nur so lange andauert, als die Hummeln nicht die geringste Idee davon haben, was und für wen sie arbeiten, — alle diese Tatsachen geben schon eine Vorstellung vom Wesen jener Psychologie, mit der wir es hier zu tun haben. Um jedoch die psychologische Natur der Hummeltätigkeit, soweit im vorliegenden Kapitel von ihr die Rede war, und die von den Autoren für eine Offenbarung der Sorge der „sozialen“ Insekten um ihre Nachkommenschaft“ angesehen wird, vollkommen klarzustellen, ist noch zweierlei erforderlich. Es muß

1) bewiesen werden, daß die gesamte mit dieser Pflege verbundene Tätigkeit der Hummeln eine instinktive ist, d. h. daß sie weder von Anweisungen noch von Erfahrungen abhängig ist;

2) werden die mit der Vernichtung der Eier und Larven durch die Arbeitshummeln in Verbindung stehenden Tatsachen zu besprechen und abzuschätzen sein.

Daß die mit der Pflege der Nachkommenschaft verbundene Tätigkeit der Hummeln eine instinktive ist, wird durch viele, in diesem Kapitel bereits von mir beschriebene Tatsachen bewiesen, mit ganz besonderer Anschaulichkeit jedoch durch Beobachtung vor dem Ausschlüpfen aus dem Kokon isolierter Hummeln festgestellt.

Auf der Taf. I, Fig. 16 ist die erste Wabe von *Bombus lapidarius* abgebildet; die Kokons dieser Wabe (coc) sind von zimmtbrauner Farbe, da das die Larvenzelle bedeckende Wachs von dem Weibchen nicht entfernt wird. Einer der Kokons dieser Wabe hatte eine Öffnung (Taf. I, Fig. 16 coc. l.), durch welche der weiße Körper der darin befindlichen Puppe zu sehen war.

Die erste Hummel verließ ihren Kokon (v. r.), nachdem die Wabe am 10. Juni Vormittags isoliert worden war. Trotzdem die Wabe absichtlich in einer falschen Lage hingelegt worden war, und zwar mit dem Kopfe der Puppen nicht nach oben, wie sich dies gehörte, sondern nach unten gerichtet, kroch die Hummel, nachdem sie die Zelle verlassen hatte und sich unterhalb der Wabe befand, sofort nach oben und ließ sich auf der Wabe nieder, d. h. so, wie dies sich gehört: sie korrigierte den absichtlichen Fehler des Beobachters, welcher sie von ihren ersten Schritten in der Welt angefangen in eine ungewohnte Lage hatte versetzen wollen. Ihre Haare waren noch klebrig und lagen dem Körper dicht an, wodurch diesem eine hellgraue Färbung verliehen wurde. Auch die Flügel waren augenscheinlich noch verklebt und nicht gerade, sondern schief gerichtet. Ich bot der Hummel auf einem Papierröhrchen Honig an, welchen sie sofort zu saugen begann, wobei sie sich Kopf und Fühler damit beschmierte.

Die Versuche des Tieres, sich von dem Honig zu reinigen, waren deshalb von Interesse, weil sie äußerst schwach und ungeschickt ausfielen. Die junge Hummel schien immer neue Versuche zu machen und stets ohne Erfolg; erst nach etwa fünf Minuten gelang es ihr, sich von der lästigen Masse zu befreien. Dabei war sie sowohl mit den Beinen als mit dem Hinterleibe tätig. Diese ganze Zeit über hielt sich die Hummel auf der Wabe auf, welche sie nicht verließ. Bald wurden ihre Bewegungen immer bestimmter und rascher, was von Minute zu Minute deutlich zu verfolgen war.

Der erste Tag der jungen Hummel verging in folgender Weise: sie fraß dreimal von dem Honig in sehr kleinen Portionen und machte sich sehr viel an der Wabe zu schaffen, indem sie auf derselben hin und her lief, als wollte sie sehen, ob alles in Ordnung wäre; auch kaute sie etwas an dem halbgeöffneten Kokon. Um 5 Uhr schickte sie sich zum Schlafen an, und zwar oben auf der Wabe. Daß die Hummel schlief, war aus ihrer Unbeweglichkeit und den lange Zeit aussetzenden Atembewegungen zu ersehen. Unter die Wabe war sie kein einziges Mal hinabgeklettert.

Als der Hummel am 11. Juni ein Röhrchen mit Honig angeboten wurde, offenbarte sie Handlungen, welche am Tage zuvor nicht beobachtet worden waren. Erstens summte sie gleichsam drohend, d. h. sie verteidigte die Wabe. Dieses Summen wird als Selbstverteidigungsmittel von den Hummeln außerhalb des Nestes nicht angewendet, im Neste aber ist es bei jeder Erregung das erste, was die Hummel tut. Und zwar bedienen sie sich dieser Lautäußerungen vom zweiten Tage an. Es ist nun im höchsten Grade lehrreich, daß unsere isolierte Hummel sich ebenso verhielt. Am ersten Tage hatte die Hummel bei der Annäherung eines Röhrchens mit Honig nicht gesummt, d. h. in diesem Gegenstande keine Gefahr für die Wabe gesehen, welche sie zu beschützen berufen war; am zweiten Tage aber erblickte sie in dem gleichen Gegenstande etwas sie Bedrohendes, obwohl doch die einzige Erfahrung, die sie inzwischen gemacht hatte, sie hätte belehren sollen, daß das sich nähernde Röhrchen nicht nur ungefährlich, sondern sogar sehr nützlich war, indem es ihr Honig verschaffte. Andere Hummeln aber, welche ihr dies hätten eingeben können, waren nicht zugegen.

Ferner ließ sich die Hummel, als sie eines fremden, sich bewegenden Gegenstandes gewahr wurde, auf den Rücken fallen, was ebensogut ein Mittel zur Selbstverteidigung ist, wie zur Verteidigung des Nestes. Dieses Gebahren ist, wie wir bereits wissen, auch den

erwachsenen Individuen eigentümlich. Das junge Insekt wendet dasselbe in Vollkommenheit an, ohne jemals etwas Ähnliches gesehen oder gelernt zu haben.

Den zweiten Tag über sitzt unsere Hummel meistens auf der Wabe, und wenn sie sich nunmehr einmal bis auf eine gewisse Entfernung von ihr entfernt, so beeilt sie sich immer, auf die Wabe zurückzukehren. Sie hält sich an der Oberseite der Wabe auf und zwar meistens ganz ruhig.

Das Licht beunruhigt sie augenscheinlich, und diese instinktive Erscheinung ist wohl am meisten geeignet, in Erstaunen zu versetzen.

Der Zwinger, in welchem die Hummel sich befindet, ist auf $\frac{1}{10}$ seiner Ausdehnung von einem undurchsichtigen Gegenstande bedeckt. Eine solche Anordnung der Dinge scheint die Hummel vollauf zu befriedigen, indem sie an das übliche Halbdunkel im Neste erinnert: die Hummel sitzt unter solchen Bedingungen ruhig auf einer Stelle. Es kann dies leicht festgestellt werden, indem man die Breite der Spalte bald ein wenig vergrößert und bald verringert.

Sowie man jedoch den für das Licht undurchlässigen Gegenstand ganz entfernt, beginnt die Hummel eine große Unruhe an den Tag zu legen: sie geht rasch auf der Wabe hin und her, indem sie den Kopf in die Höhe hebt, als wollte sie etwas über ihr Befindliches mit den Fühlern betasten; endlich geht sie von der Wabe herab (was sie den ersten Tag nicht getan hatte) und beginnt etwas zu suchen. Vor unseren Augen gehen alle jene Handlungen der Hummeln vor sich, welche wir bei ihnen beobachten, wenn der obere Teil ihres Nestes zerstört wird. Statt des gewohnten Halbdunkels erscheint Licht, welches die Hummeln von der Zerstörung ihres Nestes in Kenntnis setzt und sie daran mahnt, dieses letztere in Stand zu setzen, d. h. auszubessern. An früherer Stelle war bereits davon die Rede, welche Rolle das Licht bei der Ausbesserung des Nestes spielt. Wir beobachten diese Erscheinung hier bei einer Hummel, welche nie ein Nest gesehen hat, da ich dasselbe entfernt hatte, und die Wabe, aus der die Hummel hervorgegangen war, sich direkt auf einer Grasunterlage befand. Ihre Beinchen nach oben streckend, suchte die Hummel offenbar dasjenige, was sich über den Waben befinden mußte und in Unordnung gebracht worden war, weshalb es ausgebessert werden sollte.

Diese Tatsache bietet zwei in gleichem Maße interessante Momente: das Auftreten bestimmter Handlungen unter der Einwirkung bestimmter Faktoren ohne Belehrung und Erfahrung; ferner den Umstand, daß die Hummel diese Handlungen erst am zweiten Tage ihres Lebens offenbart, wo sie die Wabe zum ersten Mal verläßt. Diese letztere Tatsache stellt uns vor die Frage: womit haben wir es hier zu tun, mit dem Auftreten einer Psyche oder mit der Ablösung eines Instinktes durch einen anderen?

Aus folgenden Gründen entscheide ich mich für die zweite Möglichkeit. Man hätte die soeben beschriebene Erscheinung als eine psychische Evolution auffassen können, wenn der Hummel persönliche Erfahrung und Beobachtungen über die Unzweckmäßigkeit des Verlassens der Wabe zu Gebote gestanden hätten, z. B. wenn sie sich bei dem Herunterkriechen von derselben verirrt und den Rückweg nicht gleich gefunden hätte, oder wenn sie durch das in der Umgebung der Wabe liegende Material hätte beunruhigt werden können. Aber weder das eine noch das andere hat stattgefunden: die Hummel hat sich nicht verirrt, und die Gegenstände konnten sie nicht beunruhigen, da sie die Wabe ja nicht verließ. Und

augenscheinlich blieb sie eben darum zunächst noch auf der Wabe, weil sie durch einen Instinkt, der gerade diesem Entwicklungsstadium eigentümlich ist, dazu gezwungen wurde. Da das Verlassen der Waben für eine junge und schwache, noch nicht zu Kräften gekommene Hummel gefährlich wäre, so muß man die Zweckmäßigkeit eines solchen Instinktes unter normalen Verhältnissen anerkennen. —

Oder wollte etwa die Hummel in Voraussicht der Gefahr sich auf keine Untersuchungen einlassen, indem sie ihren Kräften nicht vertraute? Man könnte diese grob-anthropomorphistische Erklärung nur dann diskutieren, wenn man Grund zu der Annahme hätte, daß der Hummel diejenigen Gegenstände bekannt seien, welche eine Gefahr darbieten und wenn die am zweiten Lebensstadium auftretenden Instinkte von irgend einer auf Erfahrung und Beobachtung hinweisenden Tatsache begleitet wären. Das war aber nicht der Fall.

In der besprochenen Erscheinung sehen wir zweifellos dasselbe, was wir auch bei den Spinnen in einer frühen Lebensperiode beobachten: die Hummel hält sich mit einem Beine an der Wabe fest und verliert den Zusammenhang mit ihr auf keine Minute, ebenso wie die jungen Lycosen den Zusammenhang mit ihrer Mutter nicht verlieren, zu welchem Zwecke sie von einem Verbindungsfaden Gebrauch machen.



Fig. 71.

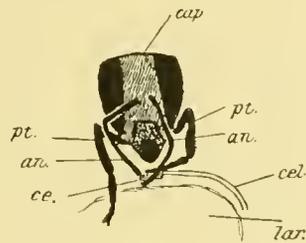


Fig. 72.

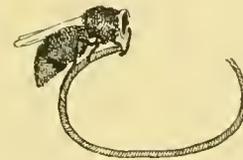


Fig. 73.

Ich habe bereits oben erwähnt, daß sich in einem Kokon der isolierten Wabe eine Öffnung befand, durch welche die Puppe zu sehen war (Taf. I, Fig. 16 coc. l.).

Am 11. Juni, etwa um 2 Uhr Mittags, bemerkte ich zwei Tatsachen: 1) war die Puppe gar nicht mehr zu sehen, indem die Öffnung vollständig verschlossen worden war, und 2) war von einer der Zellen ein Teil des sie bedeckenden dunkelbraunen Waxes hinweggenommen (Fig. 71). Da, wo das Wachs entfernt worden war, erschien die Zelle nicht braun, sondern hell und glänzend gefärbt (p.s.). Diese Veränderungen waren durch die Hummel hervorgebracht worden, welche die Verletzungen des Kokons ausgebessert hatte. Da ich zu erfahren wünschte, auf welche Weise sie diese Arbeit ausgeführt hatte, zerstörte ich den Kokon aufs neue, wobei ich das von demselben entfernte Wachs ziemlich weit von dem zerstörten Kokon auf die Wabe legte; die Stelle, wohin das Wachs deponiert wurde, ist auf Taf. I, Fig. 16 mit einem Kreuzchen (×) bezeichnet.

Nachdem die Hummel das Vorgefallene bemerkt hatte, machte sie sich sofort an die Arbeit. Ihre eilige und geschäftige Tätigkeit nahm kein Ende; sie machte sich über der Öffnung zu schaffen, ohne auch nur einen Augenblick zu ruhen, und arbeitete hauptsächlich mit den Fühlern, Kiefern und dem vorderen Beinpaare, welches fast die ganze Zeit hindurch wie ein Paar Arme gebogen blieb (Fig. 72 und 73). Sie änderte so häufig ihre Lage,

bewegte den Kopf so rasch hin und her, betastete irgend etwas mit den Fühlern, schüttelte es mit den Kiefern u. dergl. m., daß es sehr schwer war, ihre Tätigkeit zu verfolgen.

Das Material für die Ausbesserungen nahm die Hummel von den benachbarten Zellen. Anfangs bewegte sie sich nicht vom Fleck, indem es an der geöffneten Stelle auch ohne fremdes Material genug zu schaffen gab: die Hummel glättete die Ränder, wobei sie sich des zur Stelle befindlichen Waxes bediente. Gegen das Ende der Arbeit aber unternahm sie, um Material herbeizuholen, besondere Gänge, die sich immer öfter und öfter wiederholten.

Obgleich die Arbeit ohne Unterbrechungen und dabei äußerst eilig ausgeführt worden war, so rückte sie doch mit auffallender Langsamkeit vor: nach 30 Minuten war erst die eine Hälfte der kleinen Öffnung des Kokons mit Wachs ausgeflickt.

Allerdings ist diese Arbeit eine sehr schwierige, indem die Hummel den Flicker an einem bewohnten Kokon anbringen muß, und zwar so, daß er weder sehr hoch über der Puppe, noch sehr tief, d. h. nicht direkt auf derselben zu liegen kommt. Die Hummel erreichte dies auf die Weise, daß sie nicht den kleinsten Fortschritt in dem Bau unternahm, ohne vorher den Zwischenraum zwischen der ruhig daliegenden Puppe und der über ihr im Bau begriffenen Kuppel mit den Fühlern herauszufühlen; ein jedes mit den Kiefern angebrachte Stückchen Wachs wird von unten (vom Inneren der Zelle aus) mit den Fühlern, von oben mit dem vorderen Beinpaare reguliert.

Die Ausbesserung der Zelle verursachte der Hummel viele Plackerei und 45 Minuten nach Beginn der Arbeit, als $\frac{1}{5}$ derselben bereits fertig gestellt war, näherte ich ihr ein Röhrchen mit Honig, welchen sie gierig zu saugen begann.

In etwas über einer Stunde — um 4 Uhr 20 Minuten — war die Arbeit endlich ganz beendet. Die hauptsächlichste Schwierigkeit derselben bestand in der Instandsetzung der Öffnung der verletzten Stelle. Hier mußte zusammengebogen, dort auseinandergebogen werden, weiter war ein Stückchen abzureißen u. s. w.; mit einem Worte, es mußte an den Rändern der Öffnung die Regelmäßigkeit für die Kuppel wiederhergestellt werden. Das war jetzt erreicht. Der Deckel war glatt und regelmäßig ausgeführt, wie eine richtige Kuppel, ohne eine Spur der Zerstörung aufzuweisen. Und dieses Werk vollführte ein junges Hummelchen, am dritten Tage seines einsamen Lebens!

Am 11. Juni begann die Hummel, wenn sie beunruhigt wurde, d. h. bei der Belichtung ihrer Behausung, größere Erregung an den Tag zu legen. Sie summte stärker und anhaltender, und ihre Bewegungen wurden entschiedener. Ich fütterte sie zweimal. An diesem Tage ging in ihrem Leben ein neues Ereignis vor sich: sie baute eine Wachszelle (Taf. I, Fig. 16 cel.). Der gesamte, von der gestrigen Ausbesserung übriggebliebene Wachs-vorrat wurde zum Bau dieser Zelle verwendet, und es unterliegt natürlich keinem Zweifel, daß die Arbeit der Hummel ebenso eine instinktive Antwort auf einen von außen einwirkenden Reiz (die auf der Wabe liegenden Wachsstückchen) darstellte, wie dies auch bei der Ausbesserung des verletzten Kokons der Fall war. Die neue Zelle wurde seitlich an der Wabe angebaut. Die Dimensionen der Zelle waren geringer als diejenigen des Kokons. Sie war tadellos regelmäßig angelegt, mit sehr schön und glatt ausgeführten Rändern an der Öffnung. Dieser neue und auffallende Instinkt verdient alle Aufmerksamkeit. Eine isolierte Hummel verfertigt am dritten Tage ihres Lebens aus Wachs, welches sie

hier und dort auf der Wabe zusammenliest, eine Zelle, deren Bestimmung selbst für den Beobachtenden zunächst noch unklar bleibt. Zwar stellt sich später heraus, daß die Zelle als Vorratskammer für die Larvennahrung dient. Die Hummel aber, von der die Zelle angefertigt wurde, hat weder je in ihrem Leben eine solche Zelle, noch auch die Nahrung, noch Larven gesehen!

Eine nicht weniger auffallende Erscheinung ist der Versuch der Hummel, das Nest auszubessern. Erregt durch das eindringende Licht, steigt sie von der Wabe auf den Boden herab und kriecht rückwärts zu derselben zurück, wobei sie die bei solchen Gelegenheiten üblichen Bewegungen des „Zusammenscharrens“ trockener Pflanzenteile ausführt, d. h. nicht nur Bewegungen macht, deren Bedeutung sie nicht versteht, sondern nicht einmal im stande ist, auch nur die geringsten Resultate ihrer Tätigkeit wahrzunehmen, welche sie nur aus dem Grunde ausübt, weil diese Tätigkeit eine Reaktion auf die Gesamtheit der äußeren Reize darstellt.

Am 12. Juni, ebenfalls gegen ein Uhr Mittags, erschien das Köpfchen einer zweiten Hummel aus einem benachbarten Kokon. Ich werde die erste Hummel künftig mit No. 1, die zweite mit No. 2 bezeichnen.

An dieser Stelle möchte ich einige Worte darüber sagen, wie die Hummeln aus dem Kokon kriechen, was ich an dieser Hummel No. 2 beobachten konnte. Das Auskriechen der Hummeln aus den ersten Waben, d. h. denjenigen mit den kleinsten Hummeln, erfolgt mit größerer Schwierigkeit und dauert länger als bei den nachfolgenden, wahrscheinlich weil die Zellen von den Arbeitshummeln mit der Zeit immer sorgfältiger von dem sie bedeckenden Wachse gereinigt und aufmerksamer bebrütet werden. Die in Rede stehende Hummel zeigte sich etwa um ein Uhr Mittags und war um drei Uhr ganz aus dem Kokon herausgekrochen: die Prozedur des Auskriechens hatte demnach zwei Stunden gedauert.

— Alle Hummeln durchbrechen die Zelle in der gleichen Art und Weise, nämlich folgendermaßen. Zuerst wird an der Stelle, wo sich der Kopf befindet, ein Querriß in der Zelle angebracht, Fig. 74, A (dc). Sodann wird der Riß erweitert, indem die Hummel das Gewebe mit den Kiefern zernagt, wobei sie von Zeit zu Zeit ausruht. Der Riß wird bald an der linken, bald an der rechten Seite weitergeführt; der obere Rand bleibt glatt, der untere dagegen hat ein fransenartiges Aussehen. Auf der Fig. 75 ist eine Reihe von (vergrößerten) Aufnahmen des im Entstehen begriffenen Risses dargestellt: *a* der obere, glatte Rand; *b* der untere Rand. Je länger die Arbeit dauert, desto deutlicher wird deren Plan: der glatte Rand des Risses (*a*) spielt keine besondere Rolle; er dient nur als Stützpunkt für den Kopf; der gefranste Rand wird in der Richtung nach *b* weiter ausgenagt. Schließlich entsteht eine Öffnung, welche die Gestalt eines beinahe regelmäßigen gleichseitigen Dreiecks besitzt (Fig. 74 und 75).

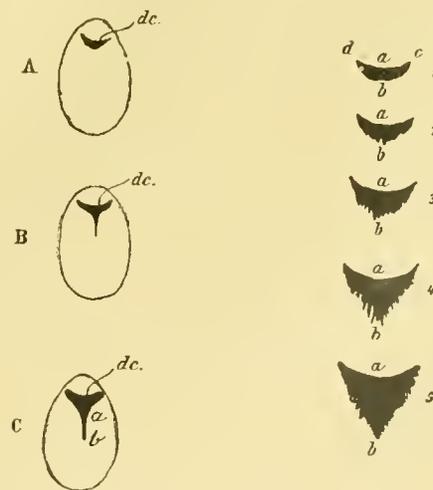


Fig. 74.

Fig. 75.

Die Hummel No. 1 schenkte der No. 2 **nicht die geringste Beachtung und leistete derselben absolut keine Hilfe** in ihrer schwierigen Lage, obgleich sie sich sehr viel in der Nähe der No. 2 zu schaffen machte. Ebenso fiel es ihr nicht ein, die neue Gefährtin zu füttern. Ich reichte der No. 2 ein Röhrchen mit Honig, von welchem sie ein wenig genoß. No. 1 berührte im Vorbeigehen No. 2 mit ihren Fühlern wie jeden anderen Gegenstand und ging vorüber.

Ohne auf weitere Einzelheiten der Lebenstätigkeit der in Frage stehenden Hummeln einzugehen, will ich hier nur einen Umstand erwähnen, welcher von Interesse ist. Ich habe bereits mitgeteilt, daß die Hummel No. 1 eine Wachszelle (cel_1) erbaut hatte. Während dies geschah, hatte die Wabe die ganze Zeit über mit ihrer oberen Seite nach unten zu gelegen (so daß die Öffnung des Kokons v. r, aus welchem die Hummel No. 1 gekrochen war, nicht gesehen werden konnte); nach Beendigung der Arbeit wandte ich die Wabe in die Lage, wie sie auf Taf. I, Fig. 16 zu sehen ist. Als die zweite Hummel ausgekrochen war, machten sich beide zusammen daran, die Wachszelle auszubessern; sie nahmen deren Deckel (den früheren Boden) ab, was sehr rasch von statten ging, da die Arbeit an der Öffnung des Kokons eine gewohnte instinktive Tätigkeit der Hummeln darstellt; als jedoch der obere Teil hinweggenommen war und ein auf beiden Seiten offener Wachscylinder entstand (wie er auf Taf. I, Fig. 16 cel_1 dargestellt ist), so wußten die Hummeln nicht mehr, was sie tun sollten: in den Instinkten war ein solcher Fall nicht vorgeesehen. Schließlich überließen sie ihn seinem Schicksale und bauten eine neue Wachszelle cel_2 .

Außer der Beobachtung isolierter Hummeln wird die Handlungsweise dieser Insekten besonders auch durch diejenigen Tatsachen „psychisch“ charakterisiert, die mit der Vernichtung der Eier und Larven durch die Arbeiterinnen im Zusammenhange stehen.

Die Instinkte der Sorge um die Nachkommenschaft sind bei den „sozialen“, aus mindestens drei „Kasten“ zusammengesetzten Insekten bekanntlich entweder nur zwei oder gar nur einer Kaste eingepflanzt; in letzterem Falle ist nicht das Weibchen, d. h. die Mutter, mit diesem Instinkte versehen, von welcher natürlich eigentlich die Rede sein sollte, wenn es sich um mütterliche Gefühle handelt, sondern Individuen, welche niemals Mütter gewesen sind. Die Bedeutung dieser Tatsache tritt mit besonderer Schärfe hervor, wenn wir in Betracht ziehen, daß diese Individuen eigentlich auch nicht mit einer mütterlichen oder brüderlichen Liebe begabt sind, sondern mit einem solchen Instinkte, bezüglich dessen wir im unklaren sind, was wir eigentlich vor uns haben: Altruismus, Anhänglichkeit, Zuneigung oder im Gegenteil: Instinkte der „Grausamkeit“, des „Brudermords“, welche die „liebvoll aufziehenden“ Arbeiter unter gewissen Bedingungen dazu anregen, ihre „innig geliebten Pflöglinge“ ihrem Schicksale zu überlassen.

Wir wenden uns nunmehr zu der Betrachtung dieser Erscheinung.

Die Vernichtung der Larven durch die Hummeln und ihre Bedeutung.

Das Geschehnis steht mit der Auffassung der Psyche bei den gesellig lebenden Insekten, als Tieren, welche erfüllt sind von gegenseitiger Sympathie und „aufopfernder Liebe

zu ihren Kindern“, so sehr im Widerspruche, daß es von den Autoren entweder den geheimnisvollen, unerklärbaren Erscheinungen zugezählt, oder aber mit solchen Ausdrücken dargestellt wird, wie dies zum Beispiel durch Romanes geschehen ist: „Bei der Annäherung des Herbstes entbrennt bei den Wespen plötzlich ein Gefühl des Unwillens gegen die noch unentwickelten Larven und Puppen, infolgedessen diese letzteren denn auch samt und sonders vernichtet werden“; diese Ausdrücke sind augenscheinlich nicht dazu angetan, Aufklärung über die Sache zu geben, sondern verwickeln dieselbe im Gegenteil noch mehr.

Indem ich zu der Erklärung dieser Erscheinung übergehe, will ich vorweg bemerken, daß meine Beobachtungen hauptsächlich an Hummeln ausgeführt wurden, welche in an den Fenstern angebrachten Stöcken lebten und stets einen freien Ausflug hatten; wonach die Frage entsteht, ob für die freilebenden Stöcke durchaus dasselbe gilt. Ich glaube diese Frage bejahen zu dürfen, und zwar aus mehreren Gründen. Vor allem will ich bemerken, daß im Jahre 1902 alle Hummelfamilien wenig zahlreich, bisweilen sogar auffallend arm an Mitgliedern waren. Vergleicht man diese Familien mit denjenigen des vorhergehenden Jahres, so kann man unbedingt sagen, daß die Familien bei *Bombus terrestris*, *lapidarius* und *muscorum* an Zahl der Individuen den vierten Teil der vorjährigen Familien nicht übertrafen. Zur Zeit des Auskommens der Weibchen und Männchen, d. h. gegen Ende Juli, bestand eine Familie von *Bombus lapidarius* aus etwa 60 Individuen, während im vorhergehenden Jahre einige Familien die Zahl 400 erreichten. Die Ursache dieser Erscheinung war ausschließlich auf Futtermangel zurückzuführen, indem der Sommer des Jahres 1902 im Kreise Tarussa des Gouvernements Kaluga, wo ich meine Beobachtungen anstellte, außerordentlich regnerisch und kühl war. Es kam vor, daß die Hummeln im Verlaufe ganzer Wochen weder im Walde noch auf den Wiesen zu sehen waren. — Außerdem sind von mir einige Fälle vermerkt, wo Hummellarven neben ihrem Neste im Freien aufgefunden wurden, welche offenbar von den Hummeln während dieser Zeit aus dem Neste geworfen worden waren.

Die Vernichtung der Larven bei den Hummeln unterscheidet sich von der gleichen Erscheinung bei den Bienen und Wespen. Die Bienen vernichten nur die Drohnenlarven gleichzeitig mit den Drohnen selbst. Die Wespen vernichten sowohl die Larven der Drohnen als auch diejenigen der Arbeiterinnen beim Eintritt des Winters, doch unterliegt es keinem Zweifel, daß sie dieselben ausnahmsweise auch während des Sommers umbringen. Die Hummeln dagegen vertilgen Larven aller Art und zu jeder Zeit des Sommers. Die Vernichtung der Larven ist demnach bei den Hummeln weder an eine Zeit, noch an ein Geschlecht gebunden; bei den Wespen steht es in Verbindung mit der Jahreszeit, bei den Bienen mit dem Geschlecht.

Auf welche Weise erfolgt nun diese Vernichtung der Larven bei den Hummeln, und finden sich darin vielleicht Züge, die uns auf den wahren psychologischen Sinn der Erscheinung hinweisen könnten? Nachstehend teile ich Tatsachen mit, die ich während einer ganzen Reihe von Jahren beobachtet habe.

Ich beginne mit den auswandernden Larven. Hierunter verstehe ich solche Larven, welche infolge von Futtermangel (vielleicht aber auch aus anderen Gründen) aus den Larven-

zellen herauskriechen. Dieses Auswandern ist ebenso gewöhnlich wie die Erscheinung des Vertilgens der Larven.

Auf der Fig. 76 sehen wir: 1) eine Larve (a) in dem Augenblicke, wo sie die Larvenzelle ganz verlassen hat, 2) eine Öffnung in der Wachshülle (o), welche von der Larve für das Verlassen der Larvenzelle angefertigt worden ist, und 3) drei Larven (b, c, d), welche im Begriffe stehen auszuwandern. Nachdem sie die Larvenzelle verlassen hat, erregt die Larve in den meisten Fällen augenblicklich die Aufmerksamkeit der ihr zunächst befindlichen Hummel, welche sie vorsichtig ergreift und dann je nach Umständen handelt. Bisweilen trägt sie sie zum Neste hinaus, wobei eine große Beharrlichkeit an den Tag gelegt wird; wenn z. B. die Hummel auf dem Wege über die Waben die Larve fallen läßt, so wird sie dieselbe unbedingt entweder selbst wieder auffinden, oder es tut dies eine andere Hummel, auf jeden Fall aber wird die Larve aus dem Neste herausgeschafft und weitab zur Seite geworfen.

Bisweilen ist diese Beharrlichkeit weniger stark ausgeprägt, indem die von einer Hummel begonnene Entfernung einer Larve von den anderen nicht fortgesetzt wird, wenn es der ersteren nicht gelungen ist, ihre Aufgabe zu vollenden. So ließ z. B. einmal eine Hummel die Larve, welche sie davontrug, in eine leere Zelle fallen; statt nun die Larve von hier



Fig. 76.



Fig. 76 A.



Fig. 76 B.



Fig. 77.

herauszuziehen, verschlossen die anderen Hummeln die Öffnung der Zelle mit Wachs (Fig. 76 A), wodurch sie die Larve natürlich dem Tode weihen. Es kommt vor, daß eine solche wandernde Larve gar nicht hinausgeschafft, sondern in eine spezielle Wachshülle verschlossen wird, wie dies auf der Fig. 76 B angegeben ist. Solche Larven kommen aber nicht um: sie werden von den Hummeln ebenso gepflegt, wie diejenigen in den Eierzellen.

Dasselbe, was wir in den Beziehungen der Hummeln zu den wandernden Larven beobachten, können wir auch bei Larven sehen, welche künstlich aus ihren Zellen herausgenommen worden sind, oder an Larven, deren Behausung zerstört worden ist, so daß die Hummeln Gelegenheit haben, in unmittelbare Berührung mit ihnen zu kommen. So werden, wenn man die Wachsschicht, welche die Larvenzelle bedeckt, entfernt, die darunter liegenden Larven sofort von den Hummeln bemerkt; diese letzteren verfahren nun mit den Larven ebenfalls je nachdem die Umstände es erfordern.

Bei schönem Wetter, wenn die Tracht ergiebig und die Familie zahlreich ist, wird die Beschädigung der Larvenzelle ausgebessert. Ist das Wetter dagegen schlecht mit andauernden Regengüssen und die Tracht infolgedessen gering, so erfassen die Hummeln die Larven mit den Kiefern und bringen sie möglichst weit vor das Nest hinaus; erweist sich dieses nicht gut ausführbar, so fliegen sie mit ihnen davon, lassen sie irgendwo weit von der Behausung fallen und kehren dann nach letzterer zurück. Es ist mir gelungen,

einen solchen Flug einer Hummel, welche eine Larve zwischen den Kiefern trug, bis auf eine Entfernung von 25—30 Metern zu verfolgen.

Einst beobachtete ich bei *Bombus lapidarius* folgende Erscheinung. Nachdem die Wachshülle von einem Teil einer Larvenzelle entfernt und die Larven von den Hummeln bemerkt worden waren, nahm eine Hummel eine der Larven zwischen die Kiefer und schleppte sie zum Neste heraus; nachdem sie mit ihrer Last eine kleine Strecke zurückgelegt hatte, kam sie an eine Stelle, welche ihrer Weiterbewegung Hindernisse in den Weg legte; es war dies eine kleine Vertiefung (etwa 7 cm) in der Erde. Die Hummel legte die Larve auf die Erde, kehrte aber bald zu ihr zurück, ergriff sie mit den Kiefern und breitete, nachdem sie eine gewisse Strecke bis zu einer freien Stelle zurückgelegt hatte, die Flügel aus, worauf sie, die Larve zwischen den Kiefern haltend, zum Fenster hinausflog (Fig. 77). Ganz in der gleichen Weise werden unter analogen Umständen auch die wandernden Larven beiseite geschafft.

Die soeben beschriebenen Erscheinungen habe ich unzählige Male bei allen Hummelarten beobachten können. Besonders lehrreich ist es aber, daß es mir gelungen ist, einer Vernichtung der Larven, die durch das Weibchen von *Bombus terrestris* selbst ausgeführt wurde, beizuwohnen. Diese Tatsache zeigt in unwiderleglicher Weise, daß der mütterliche Instinkt der Weibchen seiner psychologischen Natur nach sich in keiner Weise von demjenigen unterscheidet, was wir bei den Arbeiterinnen in ihrer Pflege der sich entwickelnden Larven gesehen haben. Es ist dies ein Umstand, welcher für das Verständnis der im Neste vorsichgehenden Prozesse von größter Wichtigkeit ist.

Eine weitere, mit der Vernichtung von Larven zusammenhängende Tatsache ist folgende. Während eines Futtermangels oder infolge einer zufälligen Abnahme der Bevölkerung beginnen die Hummeln von sich aus, ohne die Auswanderung der Larven abzuwarten, die Larvenzellen zu zerstören und die Larven zu „vernichten“. Ich habe diese Erscheinung mehrfach bei der Überführung eines Hummelnestes aus dem Walde oder vom Felde in das Zimmer — einmal mitten im Sommer an drei gleichzeitig eingebrachten Hummelnestern — beobachten können. Infolge dieser Überführung und später infolge des mißglückten Ausfluges der Hummeln aus dem Neste wird die Zahl der Familienglieder nicht selten bedeutend verringert. Die nächste Folge hiervon ist die Vernichtung der Larvenzellen und der Larven.

Ich habe noch hinzuzufügen, 1) daß das Ereignis der Larvenvernichtung zu jeder beliebigen Zeit der Existenz einer Hummelfamilie, von Anfang Juni bis Ende August vorkommen kann, und 2) daß in allen beschriebenen Fällen die Hummeln ihre Larven nicht wirklich selber getötet haben. Das letztere geschah nur ganz ausnahmsweise. Ich beobachtete einen Fall dieser Art bei *Bombus terrestris*: eine Arbeiterin schleppte eine der Larven zuerst aus dem Neste und begann sodann dieselbe auszusaugen. Diese Erscheinung ist in Anbetracht ihrer außerordentlichen Seltenheit als eine ganz zufällige anzusehen und entspricht durchaus dem, was oben über das Aussaugen eines Eies durch eine Arbeiterin gesagt wurde, welche das Ei aus der Eierzelle schleppte: die Larve war offenbar durch die Hummel zufällig verletzt worden, und als der süßliche Saft der letzteren in den Mund geriet, fand sie denselben zur Nahrung geeignet. — Es unterliegt natürlich keinem Zweifel,

daß wenn die Vernichtung der Eier und Larven in der Absicht geschähe, einen „guten Bissen“ zu ergattern, die Aussaugung sofort vorgenommen würde, sowie die Hummel des Eies oder der Larve habhaft wird. Das ist jedoch niemals der Fall. So fügt denn diese Zufälligkeit noch einen neuen, charakteristischen Zug zu der Psychologie der „Mutterliebe“ bei den Hummeln und der Psychologie ihres in der Pflege der jungen Nachkommenschaft sich äüßernden „Altruismus“.

Fragen wir nunmehr nach den Ursachen der Larvenvertilgung. Ich habe bereits darauf hingewiesen, daß die Vernichtung von Larven stets dann eintritt, wenn die Hummeln aus irgend einem Grunde der Möglichkeit beraubt sind, den Eierzellen und Larven Nahrung in genügender Menge zu verschaffen. Als eine der gewöhnlichsten Ursachen einer solchen Futterarmut ist andauernd schlechte Witterung anzuführen. Man darf hierbei nicht außer acht lassen, daß Futtermangel für Larven und Hummeln durchaus nicht ein und dasselbe ist. Die Hummelfamilie, welche heute in die Gefangenschaft übergeführt wird und Bienenhonig zur Nahrung vorgesetzt bekommt (den sie auch sofort in ihre Zellen herüberträgt), beginnt nichtsdestoweniger die Larvenzellen zu zerstören und Larven herauszuwerfen, deren Entwicklung fast vollendet ist: die Hummeln selbst waren mit Futter in Fülle versehen, doch taugte dieses Futter nicht für alle Larven. Wenn ich sie nun für anderthalb Tage der Möglichkeit beraubte, auszufliegen, so trat Mangel an Larvenfutter und Herausschaffen der Larven aus dem Neste ein.

Es kann vorkommen, daß Hummeln, welche Abends in das Zimmer gebracht werden, und am andern Morgen die Möglichkeit erhalten, nach Tracht auszufliegen, trotzdem Larven vernichten. Die Ursache für die Vernichtung liegt hier, wie ich beobachten konnte, in der Tatsache eines bestimmten Verhältnisses zwischen der Quantität der Nachzucht, d. h. der Menge von Mündern, die zu verpflegen sind, und der Arbeitskraft der Familie. Normalerweise stellt dieses Verhältnis eine Art von Gleichgewicht dar. Wenn aber das Gleichgewicht zwischen der Nachfrage nach Arbeit und dem Angebot derselben gestört wird, so hat dies sofort eine gewaltsame Verminderung der überflüssigen Münder zur Folge. Natürlich besteht nicht etwa in der Seele der Hummeln ein psychologischer Zusammenhang zwischen der Vorstellung des Futtermangels und den dadurch bedingten Folgen, indem die Tiere etwa den Vernunftschluß zu ziehen vermöchten: „es ist kein Futter für die Larven vorhanden, weshalb sie umkommen könnten, daher ist es großmütiger, sie sofort zu töten und aus dem Neste zu entfernen“; sondern sie sehen den Zusammenhang, der zwischen der Notwendigkeit die Larven zu füttern und dem Mangel an Futter besteht, gewiß nicht im entferntesten ein, obgleich ihre Handlungen gleichsam als die Folge von Überlegung erscheinen.

Eigentlich kommt es bei der ganzen Sache weniger auf die Vernichtung der Larven (und Eier) an, als vielmehr auf eine Bewahrung des Nestes vor denjenigen Folgen, denen dasselbe durch das Sterben der Larven ausgesetzt würde; dies geht am besten aus jener Beharrlichkeit hervor, mit welcher die Larven möglichst weit von dem Neste fortgetragen werden, wovon man sich so leicht überzeugen kann, wenn man das Hummelnest in einen Kasten mit etwa 10 cm hohen Wänden legt. Sich auf eine derartige Höhe mit einer so großen Last, wie sie die Larven bisweilen darstellen, zu erheben, liegt nicht in den Kräften einer jeden Hummel, und so hört man denn von Zeit zu Zeit in dem Kasten ein „hilfloses“

fortwährend unterbrochenes Summen: eine Hummelarbeiterin ist es, welche sich vergeblich bemüht, über die Wand des Kastens hinwegzufliegen; nachdem sie sich bis zu 5 cm Höhe erhoben hat, fällt sie auf den Boden zurück, und dies wiederholt sich Dutzende und Hunderte von Malen, bis man des Summens überdrüssig wird und der Hummel irgend einen Gegenstand unterstellt, mit dessen Hilfe der Ausflug bewerkstelligt werden kann. Dabei kommt es vor, daß die Hummel, von der Schwere ihrer Last herabgezogen, sogleich schräg zum Boden hinunterfliegt. Ist dagegen die Hummel stark und die Larve nicht groß, so verschwindet erstere bald aus den Augen und läßt die Larve sehr weit vom Neste zu Boden fallen.

Dieser Instinkt des Vernichtens der Larven mußte sich durch Auslese nicht nur aus dem Grunde bilden und erhalten, weil die infolge andauernden Futtermangels zu Grunde gegangenen Larven durch ihre Verwesung für die ganze Familie verderbliche Folgen hervorrufen würden; dies ist nur die eine Seite der Sache und zwar nicht die wichtigste, indem ein Futtermangel, welcher so lange andauert, daß er den Tod der Larven nach sich ziehen würde, nicht so häufig eintritt, als daß er ein beständig sich wiederholendes und so leicht hervorzurufendes Vertilgen der Larven zur Folge haben könnte; der Hauptgrund ist der, daß ein das Gleichgewicht zwischen der Nachfrage nach Futter und dem Angebot desselben störender Futtermangel, selbst dann, wenn er auch nicht zum Untergange der Larven führt, bei den Hummeln doch äußerst schädliche Folgen hervorruft: er hemmt die Entwicklung und vermindert den Wuchs der Arbeiterweibchen und damit auch die Produktivität der Arbeit selbst, welche für die Allgemeinheit zur Zeit des Auskommens der erwachsenen Weibchen notwendig ist.

Aus dem Obengesagten folgt von selbst, daß der Wechsel der Instinkte der Hummeln in ihren Beziehungen zu den Larven nicht auf der Umwandlung eines mütterlichen Gefühls in Haß, sondern auf einem Wechsel in den Einwirkungen beruht, denen die Hummeln durch äußere und innere Faktoren ausgesetzt sind; ein jeder derselben ruft, wenn die Reihe der Wirkung an ihn gekommen, das Auftreten des einen oder des anderen Instinktes hervor. Die Faktoren wechseln und werden durch andere ersetzt, und ebenso wechseln auch die Instinkte, welche durch sie bedingt werden; und wie die Faktoren, indem sie einander ablösen, durchaus nicht einer aus dem anderen hervorgehen (wie dies den Anforderungen der menschlichen Logik entsprechen würde), so stehen auch die zeitlich aufeinanderfolgenden Instinkte nicht in dem geringsten logischen Zusammenhange miteinander, und jeder von ihnen wird in absolut gar keiner Weise von einem anderen, vorhergehenden, bedingt.

Ein derartiger Gesichtspunkt macht natürlich die Annahme unmöglich, die Hummeln könnten in ihren Larven zukünftige Mitglieder der Familie sehen. Ich erblicke vielmehr in diesem Umstande einen neuen Beweis für die Richtigkeit meiner Auslegung. Ich zweifle keinen Augenblick daran, daß die Hummeln weder eine deutliche, noch eine verworrene, noch überhaupt irgend welche Vorstellung davon haben, daß die Larven Entwicklungsstadien der Hummeln sind. Für sie sind die Larven ein Gegenstand, bei dessen Betastung sie auf einen empfangenen Reiz in einer bestimmten, erblich festgestellten Art und Weise reagieren, — und nichts weiter.

Eine andere Beziehung der Hummeln zu den Larven kann ich schon aus dem Grunde nicht zugeben, weil ich sonst diese Insekten für klüger erachten müßte als die Menschen, von denen keiner ohne persönliche Erfahrung und Belehrung eine Ahnung von der Metamorphose der Insekten haben würde, während die Hummeln doch ohne gelernt oder irgend etwas gesehen zu haben sofort nach dem Verlassen der Zellen in dieser Sache bewandert sind: denn sofort nach dem Ausschlüpfen aus dem Kokon, mit noch verklebten Härchen, verhalten sie sich den Larven gegenüber genau ebenso wie die vollständig erwachsenen Tiere. Ein weiterer Grund ist der, daß gerade das Verhalten zu den heute „innig geliebten“ und morgen „ohne Ursache“ vernichteten Larven keine andere Auffassung zuläßt.

Die Erklärung, auf welche Weise die Tatsache des Futtermangels mit dem Instinkte der Larvenvernichtung verknüpft werden konnte, und die Bezeichnung der Reize, auf welche der Instinkt als Reaktion erscheint, bot keine Schwierigkeit. Viel schwerer ist es, die psychischen Prozesse festzustellen, die uns die gleiche Reaktion bei einer Verminderung der Arbeitskräfte der Hummelfamilie erklären könnten: welche Faktoren sind an dem Prozesse, dessen Ausgangspunkt die Verminderung der Arbeitskraft und dessen Endpunkt die Vertilgung der Larven bildet, beteiligt, und wie wirken sie? Ich vermute, daß der Anstoß in der auf den Untergang eines Teils der Familienglieder folgenden allgemeinen Herabsetzung der Energie der Familie zu suchen ist; ein auf der Rolle der Menge beruhender Faktor, von dem in dem folgenden Kapitel spezieller die Rede sein wird.

Das sind die Tatsachen und daraus sich ergebenden Schlußfolgerungen über die Larvenvertilgung bei den Hummeln, ihre biologische Bedeutung und psychologische Natur. Es erübrigt noch die Frage zu beantworten: womit läßt sich der zwischen den Hummeln einerseits und den Bienen und Wespen andererseits in dieser Hinsicht bestehende Unterschied erklären und welches ist die biologische Bedeutung dieses Unterschiedes? Die Antwort hierauf scheint mir vollständig klar zu sein: da die Gemeinschaften der Hummeln viel weniger zahlreich sind, als diejenigen der Bienen und Wespen, so eilt die Fruchtbarkeit des Hummelweibchens unter normalen Verhältnissen stets den Kräften der Arbeitshände voraus; durch dieses normale Übergewicht des Bedarfs an Nahrung über das Angebot derselben läßt sich zweierlei erklären: erstens, warum die ersten Bruten von Arbeiterinnen stets aus bedeutend kleineren Individuen bestehen als die nachfolgenden Bruten und warum mit dem Anwachsen der Bevölkerungszahl auch der Wuchs der Individuen zunimmt (indem die Möglichkeit, die Nachfrage zu befriedigen, immer größer und größer wird); und zweitens auch der Umstand, daß das Gleichgewicht zwischen Nahrungsbedarf und -angebot bei den Hummeln sehr wenig stabil ist: kaum treten die geringsten Schwierigkeiten in der Beschaffung der für die Larven passenden Nahrung ein, so wird dasselbe gestört, und es beginnt eine Herabsetzung des Bedarfs, d. h. eine Vernichtung von Larven, die entweder eine teilweise (die „auswandernden“ Larven treffende) oder eine totale sein kann.

Bei den Bienen dagegen werden nicht alle Larven getötet, sondern nur diejenigen, welche Drohnen ergeben werden; auch werden sie, wie wir wissen, in Bezug auf die Zeit nicht ordnungslos vertilgt, sondern genau zu der Zeit, wo auch die Drohnen selbst getötet werden. Die Vertilgung der Larven ist also auf einen bestimmten Moment im Leben der Familie fixiert. Die Ursache dieser Abweichung liegt klar zu Tage. Die

Familie der Bienen ist im Gegensatz zu derjenigen der Hummeln stets gleichmäßig stark; das Gleichgewicht zwischen der Zahl der Larven und der der Arbeitskräfte, die bereit sind, ihnen Nahrung darzubieten, ist darum in der Bienenfamilie ein unvergleichlich beständigeres. Hierauf beruht die Möglichkeit, eine größere Anzahl von untätigen Essern zu unterhalten, die in Anbetracht der Stärke des Stockes nicht viel schaden, gelegentlich aber sich als nützlich erweisen können; daher auch endlich, — neben der Spezialisierung in der Erziehung der Larven von Drohnen und Arbeiterinnen — die Möglichkeit einer Spezialisierung des Instinktes zur Vernichtung einer bestimmten Art von Larven.

Diese normale Ordnung der Dinge kann bekanntlich auch gestört werden und eben hierdurch Zeugnis davon ablegen, daß die Psychologie der Drohnenlarvenvertilgung bei den Bienen sich in keiner wesentlichen Weise von demjenigen unterscheidet, was wir bei den Hummeln gesehen haben; abgesehen natürlich von der (in psychologischer Hinsicht unbedeutlichen) Spezialisierung des Instinktes in der Auswahl der Larven.

Z. B. wissen wir, daß bei den Bienen die Vernichtungen der Drohnen und ihrer Larven zeitlich bisweilen nicht zusammenfallen; es sind Fälle bekannt, wo die Drohnen in Perioden von Futtermangel schon im Frühsommer „gemordet“ werden, während die Larven in Ruhe gelassen werden. Es sind auch Fälle bekannt, wo sowohl Drohnen als Larven im Anfange des Sommers getötet worden sind. Ob es vorkommt, daß die Larven vernichtet werden, die Drohnen aber, wenn auch nicht ganz unangetastet bleiben, so doch jedenfalls nicht in Masse getötet werden, darüber habe ich in der Literatur keine Angaben finden können, zweifle aber nicht im geringsten an einer solchen Möglichkeit.

Was die Wespen betrifft, so unterscheiden sich diese von den Bienen und Hummeln dadurch, daß sie alle Larven ohne Ausnahme und nicht, wie die Bienen, allein die Drohnenlarven vernichten, und zwar nicht im Sommer, sondern vor dem Eintritte des Winters, im Herbst, wenn die kalte Witterung beginnt und Futtermangel eintritt. Dieses abweichende Verhalten ist ganz verständlich, wenn man die Eigentümlichkeiten der Lebensweise bei den Wespen im Auge behält, und ändert im Prinzipie nicht das Geringste an den Erklärungen, welche ich über diese Erscheinungen bei den Hummeln gegeben habe.

Romanes und andere Psychologen, welche sich bei diesem Gegenstande einer abweichenden Forschungsmethode — der Analogie ad hominem — bedienen, urteilen natürlich anders; sie finden die Erscheinung unfaßlich und verstehen nicht, „warum die Wespen ihre Larven vor dem Winter vertilgen, da sie doch gleich nach ihnen auch selbst zu Grunde gehen, indem die Wespen gleich den Hummeln nicht überwintern“? Wenn die gesamte Menschheit, so urteilt der achtungswerte Naturforscher¹, mit Ausnahme einiger weniger Frauen, einem periodischen Untergange geweiht wäre, welcher sich etwa alle 1000 Jahre wiederholen würde, was hätte sie dann für einen Vorteil davon, wenn sie einige Monate vor dem Ablauf eines jeden Jahrtausends alle Kranken, Wahnsinnigen und anderen „nutzlosen Esser“ vernichtete? Hierauf möchte ich antworten, daß Romanes, wenn er die Tiere studieren und nicht über sie dichten würde, eine derartige Frage nie gestellt hätte; denn er müßte dann wissen, daß der Gedanke an den eigenen Tod nur dem Menschen zugänglich ist, vielleicht auch noch, was jedoch noch zweifelhaft ist, den höheren

¹ Romanes; *Mental evolution in Animals*.

Wirbeltieren. Bei den Wirbellosen dagegen ist ein solcher Gedanke absolut ausgeschlossen. So können denn auch die Wespen in keiner Weise darüber urteilen, was für einen Vorteil sie davon haben, wenn sie ihre Larven einige Tage vor ihrem eigenen Untergange vernichten. Ihr eigener baldiger Untergang ist ihnen nicht bewußt: sie vernichten die Larven nicht in der Erwartung von irgend etwas, sondern infolge eintretenden Futtermangels, infolge der Unmöglichkeit die Larven zu füttern, wie wir dies auch bei den Hummeln gesehen haben.

In diesem Akte liegt nicht mehr Verständnis und Voraussicht als in dem umgekehrten Fall: in dem Herbeischleppen von Nahrungsprodukten durch Hummeln, deren Nest vollständig und unwiderbringlich zerstört worden ist, weshalb die zu der Stelle, wo es vorher gestanden hatte, mit voller Ladung von Vorräten heranfliegenden Hummeln daselbst herumirren, sodann wieder fortfliegen, von neuem zurückkehren u. s. w. Wie die Hummeln und Wespen, indem sie ihre Larven vertilgen, eine einfache Reaktion als Antwort auf eine bestimmte Gruppe einwirkender Faktoren vollziehen, ohne dabei weder den Zweck noch die Bedeutung ihrer Handlungen zu verstehen, so vollführen sie, indem sie Futter in das verödete Nest bringen, eine zweite Reaktion auf eine andere Gruppe von Faktoren.

Die in diesem Abschnitte behandelten, äußerst kompliziert aussehenden Erscheinungen sind demnach in Wirklichkeit 1) vollständig unbewußt und 2) durchaus elementar; sie können, wie wir gesehen haben, einerseits auf die gewöhnlichen und außerordentlich verbreiteten Instinkte des Aufsparens von Nahrungsvorräten und andererseits auf den ebenso elementaren, bei den „sozialen“ wie solitären Tieren nicht minder verbreiteten Instinkt des Reinhaltens der Behausung zurückgeführt werden.

Kapitel III.

Die Psychologie der „Gefühle“, welche die Glieder einer Hummelfamilie einander gegenüber an den Tag legen.

In nachstehendem teile ich mehrere Tatsachen mit, welche Licht auf diese Frage werfen können.

Wenn ein Hummelnest zerstört und die Königin getötet ist, so versammeln sich die übrig gebliebenen Hummeln und zwar, wenn das Nest unterirdisch angelegt worden war, irgendwo in seiner Nähe unter der Erde, andernfalls in den Überresten des Nestmaterials. Diese Art, die Kolonie aufrecht zu erhalten, hat gar keinen Zweck, besitzt doch die Gesellschaft weder Eier noch Larven für die nächste Generation. Nur Hummelarbeiterinnen sind übriggeblieben. So hätte denn die Liebe innerhalb der Gemeinschaft, die gegenseitige Sympathie der Mitglieder die schönste Gelegenheit zu ihrer Betätigung gefunden: die Hummeln haben außer ihren Genossen niemanden, für den sie Sorge zu tragen hätten.

Allein es tritt weder gegenseitige Hilfe noch Zuneigung zu Tage, und das gemeinschaftliche Leben führt nur zum Untergang der Hummeln, einer jeden für sich, in einem Winkel des „gemeinschaftlichen“ Nestes. Sie irren zwischen den Trümmern ihres alten Nestes umher, indem eine jede von ihnen ihr einst so bedeutungsvolles, nunmehr aber absolut unnützes Werk fortsetzt. Noch zwei Wochen, nachdem ein altes Nest von mir

zerstört worden war, lebten die Hummeln in ihrer neuen Ansiedelung, indem sie wie früher ihre Arbeit verrichteten: sie schleppten Blütenstaub an den Beinen herbei, liefen damit herum und wußten nicht was damit anzufangen, und flogen schließlich mit ihrer Last wieder davon. Wenn man die Öffnung betrachtete, durch welche sie „besorgt“ aus- und einflogen, wenn man beobachtete, wie sie den Störer ihrer Ruhe „drohend umschwirren“, bereit, ihre Wohnung und die „Ihrigen“ zu verteidigen, — so hätte man mit Bestimmtheit voraussetzen können, wir hätten es hier mit einem normalen Neste, mit der Sorge der Hummeln um ihren Herd, um ihre „Brüder und Schwestern“, mit Fleiß und Bereitwilligkeit zum Wohle aller zu arbeiten, zu tun.

In Wirklichkeit waren jedoch weder ein Herd, noch Larven, noch Puppen, noch eine Gemeinschaft von Brüdern oder Schwestern vorhanden, sondern es waren nur Individuen da, welche einander fremd waren, von der Not nach einem Orte zusammengetriebene Einzeltiere einer Art; Geschöpfe, welche weder ein gemeinsames Werk, noch irgend ein gegenseitiges Interesse für einander hatten.

Die Beobachtungen über das Leben einer „Familie“ von Hummeln unter minder abnormen Bedingungen führen uns zur gleichen Schlußfolgerung.

Setzt man den Hummeln ein Schüsselchen mit Honig vor, so kann es geschehen, daß einzelne Hungrige darin ertrinken, ohne daß jemals eine der „liebenden“ Schwestern ihnen zu Hilfe käme; wie auch nie eine Hummel zur Rettung einer anderen herbeieilt, die der Beobachter mit der Pinzette am Beine festhält, so daß sie zu summen beginnt. — Solcher und analoger Fälle gibt es unendlich viele; doch würde man aus diesen Fällen allein nicht viel folgern dürfen, da die Hummeln notorisch taub sind und schlecht sehen. Auf das Summen reagieren sie, im allgemeinen gesprochen, überhaupt nicht¹, und die im Honig ertrinkenden Genossen sehen sie wohl kaum. Jedenfalls werden durch diese Feststellungen diejenigen Fälle, wo gegenseitige Sympathie der Hummeln etwa in Frage kommen könnte, auf ein Minimum reduziert. Allein selbst innerhalb derartig enger Grenzen gibt es bei den Hummeln, wie wir sofort sehen werden, keine Sympathie.

Am alleranschaulichsten werden wir hiervon durch die Beobachtungen an Hummeln überzeugt, welche in einem von Füchsen zerstörten Neste zurückgeblieben sind. Ich habe viele Male Gelegenheit gehabt, solche Beobachtungen anzustellen, und habe kein einziges Mal gesehen, daß gesunde Hummeln, indem sie an verwundeten oder durch Erde halb verschütteten Kameraden vorbeigingen, die sie auf Schritt und Tritt antrafen, und die sie mit den Fühlern betasteten, sich auch nur eine Sekunde länger aufgehalten hätten, als sie dies tun, wenn sie auf einen beliebigen anderen Gegenstand stoßen. Nur ein einziges Mal beobachtete ich, wie zwei Hummeln sich eifrig mit einer zerquetschten Hummel aus ihrer zu Grunde gegangenen Familie zu schaffen machten: sie sogen das Innere der Hummel aus, worin wahrscheinlich Partikelchen von dem Honig enthalten waren, welchen das Insekt „zum allgemeinen Wohle“ nach Hause gebracht hatte.

Sind aber die aus den oben mitgeteilten Tatsachen gezogenen Schlußfolgerungen richtig, was soll dann die beständige „schmeichelnde“ Berührung mit den Fühlern, jene „Begrüßungen“, mit welchen die Arbeiterinnen einander bewillkommen und die „Zeichen

¹ Siehe den Abschnitt über die „Sprache“ der „sozialen“ Insekten.

der Aufmerksamkeit“, die sie sich gegenseitig erweisen? Diese Frage kann ich mit absoluter Bestimmtheit beantworten.

Was man über die „schmeichelnde“ Natur des Berührens mit den Fühlern gesagt hat, ist ein Produkt desselben Anthropomorphismus, auf Grund dessen Drory unter anderem von den Verneigungen der Arbeiterinnen vor der Königin und von dem „anscheinenden Segnen“ der ersteren durch die letztere bei *Melipona* mitteilt. Ein beständiges gegenseitiges Berühren mit den Fühlern ist bei den Hummeln allerdings der Fall, allein es dient dazu, daß die Hummeln die „Ihri-gen“ von „Fremden“ unterscheiden. Sie betasten jeden Ankömmling, wie sie alle Gegenstände betasten, welche ihnen beim Herumkriechen in dem Neste in den Weg geraten. Dieser Instinkt hat sich bei ihnen im Verlaufe der natürlichen Auslese aus dem Grunde erhalten, weil das fortwährende Befühlen der im Neste befindlichen Gegenstände eines der Mittel darstellt, durch welches das Nest innerhalb derjenigen Grenzen, welche den Hummeln zu Gebote stehen, vor Parasiten geschützt wird.

Daß diese Betastungen nichts mit Begrüßungen oder mit gegenseitigen Aufmerksamkeiten zu tun haben, kann jederzeit durch den Versuch nachgeprüft werden: beschmiert man eine Hummel mit Honig, so sieht man, wie dieselbe von ihren Schwestern umringt wird, wie sorgsam diese bemüht sind — nicht etwa der Hummel zu helfen, sich von dem lästigen und das Leben gefährdenden klebrigen Honige zu befreien, — sondern einzig und allein, um von diesem Honige zu genießen! Ersetzt man den Honig durch eingekochten Fruchtsaft, den die Hummeln nicht annehmen, so ist alle Sorgfalt mit einem Male verschwunden: die teure und heißgeliebte Schwester-Arbeiterin mag zu Grunde gehen wie sie will!

Wenn wir aber mit Bestimmtheit sagen können, daß die Hummelarbeiterinnen untereinander weder Liebe noch Mitgefühl besitzen, könnten dann diese Gefühle etwa in den Beziehungen der Arbeiterinnen zur Königin statthaben? Man erinnert sich der bekannten Tatsache, daß die Bienenkönigin bei eintretendem Hungern des Volkes zuletzt zu Grunde geht, da die Arbeiterinnen das letzte Futter, was sie besitzen, ihr zukommen lassen, und anderer Fälle analoger Art.

Ich habe derartige Beobachtungen an Bienen nicht angestellt, allein wenn ich alles in Betracht ziehe, was mir über deren Biologie bekannt ist, so muß ich mich unbedingt denjenigen Autoren anschließen, die das Vorhandensein von „Liebe“ in den genannten Fällen leugnen, und in den Beziehungen der Arbeiterinnen zu der Königin nur das Resultat der Zuchtwahl sehen. Die Völker, bei denen der Instinkt, die Königin zu schützen und zu pflegen, stärker entwickelt ist, erwiesen sich widerstandsfähiger im Kampfe um das Dasein. In Jahren des Futtermangels mußten, wie dies v. Buttel-Reepen mit Recht hervorhebt, alle Völker mit mangelhafter Sorge um die Königin untergehen, während diejenigen Völker, welche diesen Instinkt kräftig entwickelt hatten, am Leben blieben und Nachkommenschaft hinterließen.

Was die Hummeln betrifft, so kann ich mich bei diesen Insekten mit voller Bestimmtheit über das Fehlen einer Liebe der Arbeiterinnen zu dem Weibchen aussprechen.

Liebhaber-Autoren würden in dem Leben der Hummeln eine Menge von Momenten finden können, welche ihnen Veranlassung gäben, rührende Berichte über die Achtung, Ergebenheit, Liebe u. s. w. zu schreiben, welche die Arbeiterinnen der „Königin“ gegenüber

an den Tag legen. Auch hier kann man zu der Zeit, wo das Weibchen in Gegenwart der Arbeiterinnen eine neue Ansiedelung anlegt, sehen, wie ihr die „knechtisch kriechende Schar“ ihrer „Töchter-Untertaninnen“ nachfolgt, wie diese ihr alle ihre Köpfe zuwenden und sich niemals erlauben werden, „ihr den Rücken zuzukehren“; auch hier können wir fortwährende „streichelnde“ Bewegungen mit den Fühlern sehen, durch welche die Arbeiterinnen sich „bemühen“, der Herrscherin ihre Ergebenheit auszudrücken; mit einem Worte, auch hier könnte ein Dilettant in der Beschreibung des Tierlebens genügende Vorwände finden, um einen ganzen Roman zu verfassen.

Alles dasjenige, was von den Arbeiterinnen in Bezug auf das Weibchen getan wird, repräsentiert eine Reihe von Handlungen, die sowohl quantitativ wie qualitativ für bestimmte Momente des Lebens genau fixiert sind. Alle diese Momente werden ohne Ausnahme durch die Interessen der Art bestimmt. Aber kaum sind diese Momente vorüber, so verschwindet auch die sogenannte Liebe. Während ich diese Zeilen schreibe, liegt in einem meiner Stöcke, welche noch nicht ihre volle Entwicklung erreicht haben (indem in denselben noch fleißig Zellen und Puppen bebrütet werden), eine Königin schon den dritten Tag im Sterben, nachdem sie wahrscheinlich während des Heraushebens aus dem unterirdischen Neste verletzt worden war. Diese alte Königin muß außerhalb des von ihren Töchtern gefertigten neuen Nestes, auf dem Wege zwischen diesem und dem für die Hummeln hingestellten Futter verenden; hundert und tausend Mal gehen die Arbeiterinnen und jungen Weibchen an ihr vorüber, wie sie an einem Gegenstande vorbei gehen, der seines Umfanges wegen nicht aus dem Neste entfernt werden kann, um den man sich aber nicht weiter zu kümmern braucht. Sie lebt noch, die alte Mutter, die ihre Pflicht erfüllt hat, und sie würde unzweifelhaft noch ferner um das Nest „besorgt sein“, wenn ihr kein Unfall zugestoßen wäre — nun ist sie zu einem Gegenstande geworden, der nur darum nicht hinausgeworfen wird, weil er etwas schwer fortzuschaffen ist.

Eine ganz analoge Erscheinung habe ich auch bei *Bombus muscorum* beobachtet; als die Königin „sich schwach fühlte“, verließ sie (wie dies übrigens auch alle anderen Hummeln zu tun pflegen) das Nest, um neben demselben „den Tod zu erwarten“; die am Leben verbliebenen Arbeiterinnen schenken ihr nicht die geringste Beachtung.

Zum Beschlusse des Kapitels über die gegenseitige Liebe der zu einem Staatenwesen verbundenen sozialen Insekten habe ich noch einige Worte über eine Erscheinung zu sagen, die besser als alle anderen unser Problem charakterisiert, — ich meine den Vorgang, der unter dem Namen der „Drohenschlacht“ bekannt ist.

Die Drohenschlacht.

Bekanntlich bringen die Bienen und Wespen ihre Drohnen um. Romanes beschreibt diese Erscheinung in seinem Buche „Mental evolution in Animals“ bei den Bienen in folgender Weise:

Wenn die Königin befruchtet ist, und die Dienste der Drohnen daher nicht mehr nötig sind, werfen sich die Bienenarbeiterinnen auf ihre unglückseligen und hilflosen Brüder und töten sie entweder direkt mit Hilfe ihres Stachels, oder aber sie jagen sie aus dem Stocke hinaus in die Kälte, wo sie zu Grunde gehen. Unmittelbar darauf werden die Drohnenzellen zerstört und alle übrig gebliebenen Drohnen-

eier und -larven vernichtet. Meist werden alle Drohnen, deren Zahl bis zu Tausend beträgt, an einem Tage getötet.

Was diese Tätigkeit der Bienenarbeiterinnen in psychologischer Hinsicht nun auch bedeuten mag — einen Instinkt oder eine Vernunft Handlung mit bestimmter Vorstellung von dem zu erreichenden Zwecke — jedenfalls enthüllt sie das Wesen der „geschwisterlichen Gefühle“ zwischen Arbeiterinnen und Drohnen.

Romanes, von seiner gewohnten Methode geleitet, die Frage ad hominem zu entscheiden, führt zur Erklärung dieser Erscheinung folgende Zeilen Büchners an¹, die er widerspruchslos mitteilt, indem er augenscheinlich die Ansichten dieses Autors teilt.

„Der Umstand, daß das Töten der Drohnen nicht ausschließlich aus instinktivem Antriebe erfolgt, sondern mit vollem Bewußtsein des beabsichtigten Zieles, wird nach der Ansicht des Autors dadurch bewiesen, daß die Drohnenschlacht um so vollständiger und mitleidsloser ins Werk gesetzt wird, je fruchtbarer das Weibchen ist. Unterliegt jedoch diese Fruchtbarkeit einem ernstem Zweifel, oder wurde das Weibchen zu spät oder gar nicht befruchtet, und legt es aus diesem Grunde ausschließlich Drohneneier, oder endlich: ist das Weibchen überhaupt unfruchtbar und werden darum neue Weibchen aus Arbeiterinnenlarven herangezogen, die später befruchtet werden müssen, — so werden einige oder alle Drohnen am Leben gelassen in der deutlichen Voraussicht davon, daß ihre Dienste noch nötig sein werden. Als einen nicht weniger deutlichen Beweis für eine vernunftgemäße Überlegung und die Fähigkeit mit den gegebenen Umständen zu rechnen, müssen wir nach Ansicht des Autors auch den Umstand auffassen, daß die Bienen eines Stockes, welcher aus unserem gemäßigten Klima nach dem Süden verbracht wird, wo die Periode des Futtereinbringens von längerer Dauer ist, ihre Drohnen nicht wie gewöhnlich im August, sondern erst später töten.

Die Bienen führen demnach die Drohnenschlacht mit vollem Bewußtsein und in Voraussicht einer ganzen Reihe von Erscheinungen aus, welche davon abhängen, zu welcher Zeit das Weibchen befruchtet worden ist, ob dasselbe fruchtbar ist u. s. w.

Ohne auf den völlig grundlosen Anthropomorphismus eines solchen Raisonnements einzugehen, bin ich erstaunt darüber, wie Romanes sich einen groben logischen Fehler zu schulden kommen lassen konnte, indem er einerseits die genannte Ansicht Büchners über die Fähigkeit der Bienen zu solch „verständigen Berechnungen“ und wunderbarer Voraussicht anführt, andererseits gleich darauf seiner Verwunderung darüber Ausdruck gibt, daß die Bienen nicht auf den Gedanken gekommen sind, die Drohnen „in der zu diesem Zwecke günstigsten Zeit“ zu töten; als solche betrachtet er nämlich diejenige Entwicklungsphase, wo die Drohnen sich auf dem Larvenstadium befinden. So kommt er zu dem Schlusse, daß die Vernichtung der Drohnen durch die Bienenarbeiterinnen „das auffallendste Beispiel eines unvollkommenen Instinktes im ganzen Tierreiche“ sei! Offenbar gibt es hier nur zwei, einander ausschließende Möglichkeiten. Entweder betrachtet man das Vertilgen der Drohnen als einen reinen Instinkt, an dem Vernunft nicht den geringsten Anteil hat, dann kann man (wenn auch mit gewissem Vorbehalte) davon sprechen, daß dieser Instinkt unvollkommen sei; oder aber es sind die Handlungen der Bienenarbeiterinnen Vernunft Handlungen, dann kann hier von einer Unvollkommenheit gar keine Rede sein: denn wenn die Bienenarbeiterinnen so gescheit sind, in gewissen, viel komplizierteren Fällen die Drohnen überhaupt nicht zu töten, so ist doch klar, daß sie in diesem einfachen Falle erst recht nicht aus Torheit handeln, sondern irgend etwas voraus-

¹ NB. In freier Wiedergabe!

sehen werden, was dem Naturforscher entgeht. — Übrigens ist schwer zu entscheiden, welche von beiden Auffassungen mehr dazu angetan ist, das gänzliche Fehlen einer schwesterlichen Liebe zwischen Bienen und Drohnen mit größerer Evidenz zu beweisen: beide Möglichkeiten lösen diese Aufgabe in gleichem Maße deutlich und bestimmt.

Die Hummeln töten weder ihre Drohnen, noch jagen sie dieselben zum Neste hinaus, allein sie vertreiben sie am Tage von den mit Honig gefüllten Zellen, wenn die Drohnen sich einfallen lassen, davon zu saugen, ganz wie sie sich auch untereinander in dem gleichen Falle vertreiben würden. Dabei kommt es nicht selten zu einer wahren Balgerei: ertappt eine Hummel eine Arbeiterin aus dem gleichen Neste auf der Tat, so jagt sie dieselbe fort, wobei sie die Genossin bald am Beine, bald am Flügel hinwegschleppt; endlich stürzt sie sich auf dieselbe und beide rollen kopfüber die Waben herunter, meistens ohne sich den geringsten Schaden zuzufügen.

Einer der wesentlichsten Unterschiede zwischen den Beziehungen der Hummeln zu ihren „Brüdern“ und dem Verhalten bei den Bienen besteht demnach darin, daß die Hummelarbeiterinnen ihre Nahrungsvorräte in gleichem Maße vor den Männchen wie auch voreinander verteidigen. In allem übrigen besitzen die Unterschiede nur quantitativen, nicht aber qualitativen Wert. Die Tatsachen zeigen, daß das Töten der Drohnen bei den Bienen durchaus nicht mit einer bestimmten Jahreszeit im Zusammenhange steht, noch weniger aber mit der Vorstellung des bevorstehenden Winters oder anderen, auf einer Befähigung der Bienen, Ereignisse vorauszusehen, beruhenden Erwägungen. Das Vertreiben der Drohnen erscheint vielmehr bei Bienen wie Hummeln nicht als ein den Ereignissen, welche angeblich erwartet und weise von ihnen voraugesehen werden, vorangehender Akt, sondern als ein Akt, der unmittelbar auf gewisse Ereignisse folgt, und aus diesem Grunde keinerlei Voraussehens bedarf. Daß sich dieses in der Tat so verhält, können wir aus dem Umstande entnehmen, daß wenn unmittelbar auf ein günstiges Frühjahr andauerndes kaltes und regnerisches Wetter eintritt, die Bienenarbeiterinnen ihre Drohnen vor dem Beginne des Schwärmens umbringen. Es ist daher klar, daß die Drohnenschlacht bei den Bienen als die Folge einer auf verhältnismäßig lange Zeit sich einstellenden Kargheit der Tracht aufzufassen ist, nicht aber als ein Akt, welcher auf Erwägungen bezüglich der Zukunft begründet ist.

Das sind die Tatsachen, die uns auf die Frage nach der Psychologie der gegenseitigen Gefühle bei den Familiengliedern „sozialer“ Insekten Antwort geben; diese Tatsachen erweisen, daß bei denselben weder Liebe, noch Sympathie, noch eine wenn auch minimale Befähigung vorhanden ist, bei einem etwaigen Mißgeschick gegenseitiges Mitgefühl an den Tag zu legen.

Kapitel IV.

Über die Einrichtung der Waben und die damit zusammenhängende Tätigkeit der Hummeln.

Die Autoren unterscheiden in den Bauten der Hummeln eine viel geringere Anzahl von Bestandteilen, als deren in der Tat vorhanden sind; überdies wird das wenige, was unterschieden wird, in solcher Weise benannt, daß derselbe Name für mehrere durchaus

verschiedene Dinge gilt.¹ Ich bin aus diesem Grunde gezwungen, mit einer Feststellung der Bestandteile der Wabenmasse und ihrer Terminologie zu beginnen. In denjenigen Fällen, wo die Teile der Waben bereits eine mehr oder weniger genaue Beschreibung und Bezeichnung erfahren haben, werde ich letztere natürlich beibehalten, allein es sind deren nicht viele; alles übrige muß neu geschaffen werden.

Ich unterscheide in den Waben folgende Bestandteile:

1. Die Honigtöpfe; es sind dies große Wachszellen, die von dem überwinterten Weibchen zur Unterbringung eines Honigvorrates angefertigt werden (Taf. I, Fig. 2, 3, 4).
2. Die Wachszellen, die von den Arbeiterhummeln angefertigt und entweder einzeln an die Waben angeklebt (Taf. I, Fig. 16, 17 cel), oder aber in ganzen Reihen angeordnet werden (Fig. 78 cel).

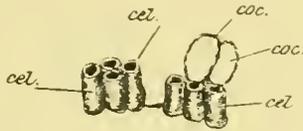


Fig. 78.



Fig. 79.



Fig. 80.

3. Die Eierzellen — Gebilde aus Wachs von der Gestalt kleiner wächserner Deckelchen, welche die von dem Weibchen abgelegten Eier bedecken (Taf. I, Fig. 6, 17, 18 pi).

4. Die Larvenzellen — Hüllen aus Wachs von größeren oder kleineren Dimensionen, welche die in ein Häufchen versammelten Larven nebst der für diese vorbereiteten Nahrung umgeben (Taf. I, Fig. 6, 10—14 und 18 lar.).

5. Die Kokons, die von den Larven vor ihrer Verwandlung in Puppen angefertigt werden und aus von den Larven ausgeschiedenen Seidenfäden bestehen (Taf. I, Fig. 6, 7, 14 u. a. m. coc.); nachdem diese Kokons von den darin zur Entwicklung gelangten Hummeln verlassen worden sind, dienen sie zum Ansammeln von Nahrungsvorräten (Fig. 79, 80, 81 vr.).

6. Die Kokons und die verlassenen Kokons einer Larvenzelle bilden eine Unterabteilung der Waben — das Wabenstück (Fig. 82, 83 ga₁, ga₂ und Taf. I, Fig. 19 ga), dem sich bisweilen auch Zellen anschließen können (Taf. I, Fig. 16 cel).

7. Einige fest miteinander verbundene Wabenstücke bilden die Wabe, die aus 1, 2, 3 oder mehr Wabenstücken bestehen kann (Fig. 82 ga₁, ga₂; Taf. I, Fig. 19 ga₁, ga₂ u. s. w.).

8. Die Waben bilden eine Etage, die aus 1, 2 und 3 Waben bestehen kann (Taf. I, Fig. 21 et₁, et₂, et₃ und et₄); es brauchen übrigens nicht notwendig ausgesprochene Etagen vorhanden zu sein.

9. Die Gesamtheit aller Waben bildet die Wabenmasse, endlich

10. Die Halbzellen, welche aus einem vr mit einem Wachs Aufbau c. ce bestehen, den die Hummeln anfertigen, wenn sie das Sammeln der Vorräte beendet haben (Taf. I, Fig. 20 A, B, C).

¹ So bezeichnen die Autoren die Hummelkokons, d. h. diejenigen Teile der Waben, welche ihren Ursprung der Tätigkeit der Larven bei deren Verwandlung in das Puppenstadium verdanken — als Zellen, während sie unter derselben Bezeichnung auch die echten Wachszellen der Hummeln verstehen. Hieraus ergibt sich eine grosse Verwirrung bei dem Vergleich der Hummelzellen mit den Bienenzellen. Eine gleiche Verwirrung finde ich bei den Autoren auch in der Bezeichnung der Wabenteile.

Wir ersehen hieraus, daß die aus Wachs gefertigten Gebilde bei den Hummeln unvergleichlich mannigfaltiger sind, als dies in den bezüglichen Arbeiten beschrieben wird.

Die Zahl der Gebilde und ihre Dimensionen stehen, wie dies aus meinen Versuchen und Beobachtungen hervorgeht, in direktem Verhältnis zu dem Reichtum an Futter. In der Gefangenschaft, wenn die Hummeln mit Bienenhonig gefüttert wurden, konnte ich bei *Bombus lapidarius* ganze Zelte aus Wachs beobachten, welche die Decke der einzelnen Waben bildeten; die Halbzellen waren in der Tat halbe Zellen, d. h. sie bestanden zur Hälfte aus Wachs. Außerdem bauen gefangene Hummeln Reihen von Wachszellen, die ihrer Gestalt nach an Honigtöpfe erinnern und nur durch kleinere Dimensionen sowie die Farbe des Wachses von ihnen verschieden sind. Mit einem Worte, in der Gefangenschaft und bei Verabreichung von Bienenhonig an die Hummeln ist der Reichtum und die Mannigfaltigkeit der Wachserzeugnisse wahrhaft erstaunlich. Anders verhält es sich bei denselben Hummeln unter den Bedingungen des freien Lebens: dann stellt die Decke keine durchgehende, selbständige Wachslamelle dar, das Wachs dient nur zur Verkittung der vegetabilischen, das

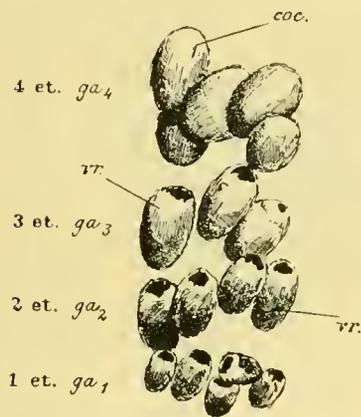


Fig. 81.

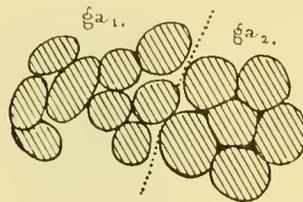


Fig. 82.

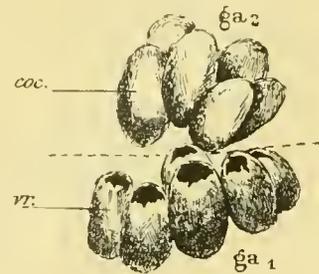


Fig. 83.

Dach des Nestes bildenden Materialien; die Halbzellen stellen eine einfache, den Kokon an seiner Öffnung verschließende Wachshülle dar (Taf. I, Fig. 20 B im Durchschnitt und C in situ); die Verbände sind dünn und wenig solide, die Wachszellen vereinzelt und sehr wenig zahlreich; meistens fehlen sie sogar ganz.

Die Waben der Hummeln können von zweierlei Art sein, eine Tatsache, die, so viel mir bekannt ist, noch gar nicht bemerkt worden ist. Sie können bestehen einmal aus Zellen, d. h. von den Hummeln aus Wachs angefertigt werden. Derartige Waben werden stets bei der Übersiedelung von Hummeln in dem neuen Neste beobachtet (Fig. 78 cel.). Unter normalen Lebensbedingungen finden sich diese Waben außerordentlich selten. — Ferner können die Waben aus Kokons bestehen (Fig. 81, 83 coc.), und wenn die Hummeln die letzteren verlassen haben, auch aus leeren Kokons (Fig. 83 vr.); Wachszellen werden denselben nur im Notfalle und in nur geringer Anzahl beigegeben.

In der folgenden Besprechung der Wabenmasse werden wir gerade diejenigen Waben im Auge haben, die ihren Ursprung den Kokons verdanken. Diese Hummelwaben bestehen aus Materialien von zweierlei Herkunft: zum Teile werden sie aus Wachs hergestellt, zum größten Teile jedoch aus einem seidenartigen Gewebe, dessen Fäden

von den Spinnrüsen der Larven geliefert werden; die letzteren umflechten sich vor der Verpuppung mit diesen Fäden und es bildet sich auf diese Weise eine Kokon-Zelle.

Die hierher gehörigen Untersuchungen werden in folgender Anordnung besprochen werden:

1. Der Bau der Wabenstücke im Zusammenhange mit den Veränderungen bei den dieselben zusammensetzenden Kokons (eine Arbeit, welche zum Teil von den ausgebildeten Hummeln, größtenteils aber von den Larven geleistet wird).

2. Der Bauplan und die Entwicklung der Wabenmassen, in Abhängigkeit von der Anordnung der dieselben zusammensetzenden Wabenstücke (Arbeit der Weibchen und der Arbeiterinnen).

1. Der Bau der Wabenstücke.

Wie bereits erwähnt wurde, besteht ein Wabenstück aus den Kokons (oder verlassenen Kokons) einer Larvenzelle. Diese Kokons werden, wie wir wissen, nicht von den Hummeln, sondern von den Larven hergestellt.

Die Verbindung der Kokons untereinander ist nicht immer die gleiche: in den zuerstgebauten Waben ist sie weniger innig, als in den späteren. Entsprechend wird auch

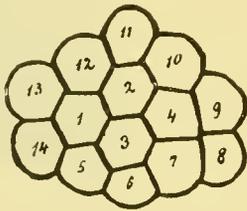


Fig. 84.

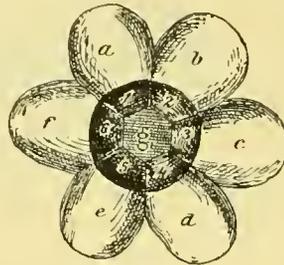


Fig. 85.

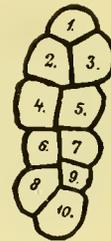


Fig. 86.

der Druck, den die Kokons aufeinander ausüben, immer stärker und stärker, und die basalen Teile der Kokons (mit welchen diese, als dem am meisten umfangreichen Abschnitte, aneinanderliegen), erhalten dadurch eine interessante und lehrreiche Gestalt. Machen wir einen Schnitt durch die Kokons einer Wabe der dritten Etage auf dem Niveau ihres größten Querdurchmessers (Fig. 84), so erblicken wir zwei konzentrische Ringe von Kokons; einen inneren 1, 2, 3, 4 und einen äußeren 5.—14. Die Gestalt der Kokons beider Ringe ist nicht die gleiche. Die Kokons des inneren Ringes sind vielkantig, 6-eckig, der 1., 2. und 3. mit fast gleichen Seiten; die Kokons des äußeren Ringes erweisen sich auf der nach innen gewandten Seite als entweder 3-kantig (Kokon 6, 8, 9, 11, 13 und 14) oder 4-kantig (Kokon 5, 7, 10, 12), auf der freien Seite dagegen immer als rund. Besonders deutlich ist die Abhängigkeit der Gestaltung des basalen Kokonabschnittes von dessen Lage an solchen — recht häufigen — Wabenstücken zu erkennen, welche aus 7 Kokons bestehen, von denen 6 einen Ring um den 7ten, zentralen bilden. Auf Fig. 85 sehen wir ein Wabenstück mit den peripherischen Kokons a, b, c, d, e, f und einem inneren Kokon g, dessen obere Hälfte abgeschnitten ist, so daß der Boden (g), sowie die Seitenwände (1, 2, 3, 4, 5, 6) der unteren Hälfte zu sehen sind.

Jeder derartige, an seiner Basis polyedrische, im letztgenannten Falle regelmäßig sechskantige Kokon ist nun von einer Larve angefertigt worden, die das Vorhandensein ihrer Nachbarinnen und deren Lage nicht sieht, da sie erstens blind ist, zweitens durch eine für das Licht undurchlässige Wand von jenen geschieden ist und sich außerdem in der überall von einer Wachshülle umschlossenen, im dunklen Neste gelegenen Larvenzelle befindet! In Wirklichkeit entsteht eine solche Regelmäßigkeit gleichsam von selbst, infolge der Bedingungen, unter welchen die Arbeit erfolgt. Und zwar entsteht diese Regelmäßigkeit genau in derselben Weise, wie auch die zwei- und dreikantigen Kokons entstehen, wenn diese letzteren in zwei Reihen angeordnet sind, wie wir dies auf Fig. 86 sehen.

Es liegt auf der Hand, daß hier Berührungspunkte zwischen der Tätigkeit der Hummellarven und der der Bienenarbeiterinnen gegeben sind, die unwillkürlich zu einer Vergleichung beider herausfordern. Aber noch stärker tritt diese Übereinstimmung an solchen Wabenstücken hervor, deren Kokons nicht in einer Ebene liegen, sondern an

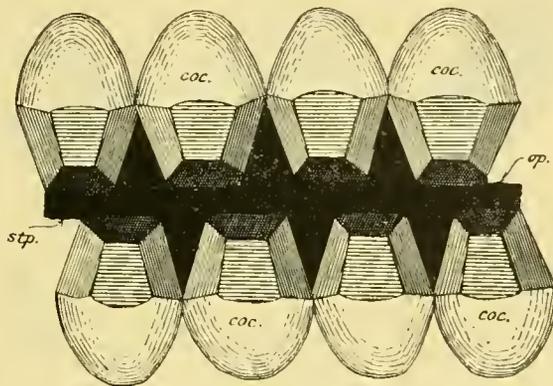


Fig. 87.



Fig. 88.

zwei Seiten einer Stützplatte angeordnet sind, wie wir dies z. B. bei dem ersten Wabenstück von *Bombus muscorum*, *B. sylvarum* *a* und häufig auch bei *B. lapidarius* sehen. Auf Fig. 87 sehen wir ein solches Wabenstück in sehr vergrößerter schematischer Wiedergabe. Die Kokons (coc) liegen zu beiden Seiten der Stützplatte (stp) und sind einander mit ihren Böden zugewandt; diese untere oder innere Hälfte der Kokons erweist sich als regelmäßig sechskantig. Solche Wabenstücke finden wir bei *Bombus lapidarius*, wo sie im übrigen von derart unregelmäßiger Gestalt sind, wie ich es bei keiner anderen Hummelart gesehen habe und wie dies z. B. auf der Fig. 88 wiedergegeben ist.

Neben solchen krüppelhaft unregelmäßigen Wabenstücken habe ich auch solche angetroffen, deren Kokons längs einer Achse angeordnet sind, gleich den Schwimglocken der Siphonophoren (Fig. 89). Bisweilen aber findet sich statt der Achse eine schmale und lange Stützplatte und die Zellen liegen dann außer auf der rechten (Fig. 90 r) und linken Seite (l), auch noch auf den Schmalseiten der Platte (f). Noch mehr Interesse bietet das in Fig. 91 in verkleinertem Maßstabe abgebildete Wabenstück. Wir sehen hier Kokons und leere Kokons, welche rechts (r) und links (l) von der Stützplatte und an deren Schmalseiten (f) liegen; außerdem aber sehen wir unterhalb dieses Wabenstückes einen Anhang, welcher aus zwei Reihen von Kokons (Bechern) besteht: die einen derselben sind mit

ihren freien Enden nach oben gerichtet (o), die anderen nach unten (u), mit ihrer Basis dagegen stoßen sie aneinander. Bisweilen sind solche „zweiseitige Waben“, d. h. Waben mit Kokons (und leeren Kokons) zu beiden Seiten der Stützplatte, merkwürdig gekrümmt, wie dies auf Fig. 92 zu sehen ist (die Kokons sind hier nicht angegeben, sondern nur die in Gedanken isolierte Stützplatte); es kommt auch vor, daß sich diese gekrümmten Waben verästeln, wie dies auf Fig. 93 zu sehen ist. -- Über die Größe und den Umfang solcher Wabenstücke kann man sich ein Urteil bilden, wenn man hört, daß auf einigen derselben bis zu 60 Kokons sitzen.

Ich habe bereits erwähnt, daß unter den Waben von *Bombus lapidarius* die zuerst-gebauten, d. h. die basale und die oberste Wabe, zumeist eine regelmäßige Gestalt besitzen. Die erstere dient als Stätte für die Entwicklung der kleinen Arbeiterinnen; sie ist

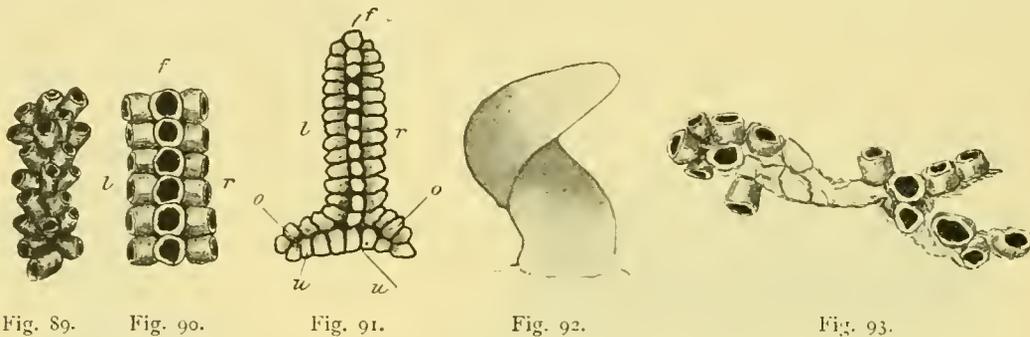


Fig. 89.

Fig. 90.

Fig. 91.

Fig. 92.

Fig. 93.

bisweilen unregelmäßig, aber stets einseitig; die oberen, für die Weibchen bestimmten Waben sind ebenfalls stets einseitig. Vielleicht weisen diese Tatsachen darauf hin, daß die Einseitigkeit der Waben die genetisch primitivere Form darstellt? Diese Form hat sich für die Weibchen erhalten, d. h. für diejenigen Formen, die bereits bestanden haben, ehe die Hummelfamilie in Kasten zerlegt wurde.

Auf denselben Gedanken führt uns nun auch die Erwägung, daß die Zweiseitigkeit der Waben zweckmäßig ist: sie bietet erhöhten Schutz gegen Parasiten. Denn wenn die Hummel die Kokons einer einseitigen Wabe von oben bebrütet, so bleibt die Unterseite dieser Kokons ohne Verteidigung; bei doppelseitiger Bebrütung aber ist jede Möglichkeit eines Angriffes ausgeschlossen.

Verhält sich dies in der Tat so, dann würde die Anordnung der Kokons in der Hummelwabe folgende Etappen stammesgeschichtlich durchlaufen haben; erstens regellose Zusammenfügung der Kokons (*Bombus terrestris*); zweitens Bildung einseitiger Waben (*Bombus muscorum*), endlich radiäre und bilaterale Symmetrie (*Bombus lapidarius*).

2. Der Bauplan und die Entwicklung der Wabenmassen.

Um den architektonischen Plan der Wabenmasse zu erklären, welcher, wie wir sehen werden, nicht nur bei den verschiedenen Arten, sondern innerhalb gewisser Grenzen auch bei den Völkern ein und derselben Art ein recht verschiedener sein kann, werde ich mich an die Arten *Bombus terrestris*, *B. muscorum*, *B. sylvarum* und *B. lapidarius* halten.

Bei *Bombus terrestris* werden die Waben durch einen Haufen von Kokons gebildet,

in deren Anordnung weder ein Plan, noch irgend welche Regelmäßigkeit zu bemerken ist. Dieses Fehlen von Ordnung und Symmetrie weist zweifellos auf die Ursprünglichkeit der Form hin, indem hierdurch allein schon viele Unzulänglichkeiten geschaffen werden, welche in Bauten anderer Typen völlig vermieden sind.

Bei *Bombus muscorum* wird die Wabenmasse von vielen einzelnen Waben gebildet, welche untereinander oft sehr wenig solide verbunden sind. Es ist daher auch aus vielen Gründen recht schwierig, den architektonischen Typus der Wabenmasse bei diesen Hummeln festzustellen. Hindernd wirkt dabei unter anderem der Umstand, daß mitunter einzelne Kokons einer Wabe nicht in einer Ebene mit den anderen liegen, sondern über dieselben hinausragen, und zwar bisweilen in so bedeutendem Maße, daß es den Anschein hat, als befänden sie sich um eine Etage höher. Während nun unter normalen Bedingungen die obere Etage der Waben später gebildet wird, als die untere, kann es infolge unregelmäßiger Anordnung der Kokons geschehen, daß zwei übereinander liegende Wabenstücke nicht nacheinander, sondern zu gleicher Zeit angefertigt wurden; besonders dann, wenn die eine Eierzelle auf einem besonders hoch liegenden Kokon, eine andere auf einem besonders niedrig liegenden angelegt wird. Die Beurteilung wird ferner dadurch erschwert, daß die den Bestand der Waben einer Etage ausmachenden Wabenstücke zu verschiedenen Zeiten angefertigt werden, bisweilen zu recht weit voneinander entfernten Zeitpunkten, bisweilen aber auch fast gleichzeitig. Es versteht sich von selbst, daß hierdurch die Regelmäßigkeit im Bau einer Etage noch mehr beeinträchtigt sein kann, daß die Lage einer neuen Wabe, oder deren Kokongruppen, sich in einer anderen Ebene befindet u. s. w. Die größte Störung wird jedoch dadurch verursacht, daß der architektonische Plan nicht deutlich ausgesprochen ist, die Zahl der Etagen an verschiedenen Stellen der Wabenmasse keine bestimmte ist, und ein Abweichen von dem Bauplane bereits von der zweiten Schicht an bemerkt wird. — Trotz alledem läßt sich hier, im Vergleiche zu dem, was wir bei *Bombus terrestris* sahen, eine sichtbare Tendenz zu einer etagenförmigen Anlage der Waben konstatieren, sowie immerhin eine gewisse Regelmäßigkeit im Baue einer jeden Etage.

Auf Taf. I, Fig. 21 sehen wir das Schema eines Teiles der Wabenmasse, aus welchem wir einen Begriff von der Architektur des Ganzen erhalten. Die gesamte Wabenmasse besteht aus vier Etagen. In allen finden sich Kokons von ungleicher Größe. Die erste Etage (Taf. I, Fig. 21 1. et.) besteht ihrerseits aus einem oder seltener zwei Wabenstücken. Ihre Kokons unterscheiden sich von denen der übrigen Etagen dadurch, daß sie alle, ohne Ausnahme, von dunkelbrauner Farbe sind, was bei den nächstfolgenden Etagen, wie wir sehen werden, nicht der Fall ist. Charakteristisch für die Waben dieser ersten Etage ist die Regelmäßigkeit in der Anordnung der Kokons: dieselben sind alle annähernd in ein und derselben Ebene gelegen.

Auf die erste Etage folgt die zweite (Taf. I, Fig. 21 2. et.); sie besteht aus zwei Waben. Die Kokons dieser Etage sind nicht durchweg dunkelbraun, sondern weisen an ihrer Spitze eine hellgelbe Färbung auf. Ihre Größe übertrifft im allgemeinen diejenige der Kokons der ersten Etage; die Größe der Kokons ist übrigens, wie oben erwähnt, in allen Etagen eine verschiedene. Die Verbindung dieser Etage mit der ersten wird von den

Hummeln mittelst Wachs ausgeführt, indem sie die Waben der höherliegenden Etage an den am meisten hervorstehenden Kokons der darunterliegenden Etage befestigen.

Die dritte Etage (Taf. I, Fig. 21 3. et.) besteht aus Kokons, die an ihrem oberen Abschnitt beinahe bis zur Hälfte gelb werden; ihre durchschnittliche Größe wird noch beträchtlicher als in der vorhergehenden Etage. Die Verbindung der Kokons untereinander ist eine solidere, ebenso die Verbindung der einzelnen Stücke und wird, wie immer, durch Wachs hergestellt.

Die vierte Etage (4. et.) enthält die allergrößten, nur an ihrer Basis braunen, sonst gelb gefärbten Kokons; sie liegt auf der dritten Etage, mit Wachs an derselben befestigt.

Dieses ist der Bestand und die Anordnung der Waben in dem beschriebenen Bezirke der Wabenmasse bei *Bombus muscorum*. In mehr oder weniger festem Zusammenhange mit ihnen befindet sich noch eine Menge anderer Waben, und zwar

	Anzahl der Wabenstücke	Anzahl der Kokons in den Waben
mit der I. Etage	2 + 2*)	13
mit der II. Etage	4 + 1 + 1	25 + 11
mit der III. Etage	3 + 1 + 1 + 1 + 1	22 + 8 + 7 + 11 + 8
mit der IV. Etage	3 + 1 + 1 + 1 + 1	24 + 8 + 9 + 10 + 11
mit der V. Etage (auf der Figur nicht angegeben)	1 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1	7 + 8 + 9 + 14 + 13 + 10 + 10 + 10

Zu den 9 Waben mit 83 Kokons, welche den betreffenden Bezirk der Wabenmasse ausmachen, müssen demnach noch 31 Waben mit 248 Kokons hinzugefügt werden.

Bei einer anderen Hummel (die Species kann leider nicht mehr festgestellt werden) bildete die Wabenmasse des Nestes ein kompaktes Ganzes: alle Teile waren solide miteinander verbunden. Das Ganze war von einer gut gefertigten Wachslage bedeckt. Die Größe der Kokons betrug von 3,5 mm bis 12,0 mm. Der Bauplan dieses Nestes war wesentlich leichter festzustellen, als bei den vorhin geschilderten, und zeigte trotz einiger Ungenauigkeiten doch klare Gesetze. — Auf Fig. 94 sehen wir eine schematische Darstellung der Anordnung und der gegenseitigen Beziehungen von drei Etagen.

Die erste Etage (Fig. 94, 1. et.) besteht aus den allerkleinsten Kokons. Auf Taf. I, Fig. 22, 1. et. ist dieselbe in natürlicher Größe und Färbung abgebildet.¹ Alle ihre Kokons sind von dunkelbrauner Farbe, und deren Zahl beträgt 7; sie bilden eine Wabe aus einem Wabenstücke von länglicher Gestalt, in dem die Kokons paarweise angeordnet liegen, mit Ausnahme eines unpaaren, seitlich angesetzten Kokons.

Über dieser Wabe befinden sich die Waben der zweiten Etage, zwei an der Zahl (Fig. 94, 2. et. — M. und N.). Eine jede von ihnen repräsentiert eine längliche Platte und besteht aus zwei Wabenstücken; die Wabenstücke der Platte M zählen 15 und 14 Kokons, die der Platte N 15 und 16. — Die Längsachsen dieser Platten bilden einen fast rechten

*) Wenn ich schreibe: 2, oder 3, oder 4, so bedeutet dies, daß die Wabenstücke (2, 3, 4), aus welchen die Wabe besteht, sich in sehr festem Zusammenhange untereinander befinden und eine Wabe bilden; schreibe ich dagegen 2 + 1, so heißt dies, daß 2 Stücke eine Wabe bilden, während 1 Stück nur lose mit dieser Wabe verbunden ist und von derselben abgesondert liegt. Diesen Umstand muß man im Auge behalten, wenn man die Schwierigkeit berücksichtigt, mit welcher die Bestimmung der Etage verbunden ist, zu der die eine oder die andere Wabe gehört.

¹ Auf beiden Abbildungen liegt die erste Etage über der zweiten (2. et.), während sie in Wirklichkeit unter derselben liegt.

Winkel mit der Längsachse der Platte der ersten Etage, wie dies aus dem Schema (Fig. 94) zu ersehen ist. Auf Taf. I, Fig. 22 sehen wir die Anordnung dieser Waben nicht schematisch, sondern nach der Natur gezeichnet (1. et. und 2. et.).

Die dritte Etage (3. et.) besteht ebenfalls aus zwei Waben, allein dieselben sind noch größer als die Waben der zweiten Etage. Eine jede der Waben A. und B. besteht aus zwei Wabenstücken, von denen wiederum die der einen 20 und 10, die der anderen 17 und 12 Kokons enthalten. Es ist hervorzuheben, daß ihre Lage in Bezug auf die Waben der zweiten Etage die gleiche ist, wie die Lage der Waben dieser letzteren Etage zu den Waben der ersten Etage, d. h. ihre größeren Achsen kreuzen sich annähernd unter einem rechten Winkel mit denen der zweiten Etage. Die vierte Etage ist auf dem Schema (Fig. 94) nicht angegeben.

Wir können demnach behaupten, daß bei der Wabenmasse dieser Art ein architektonischer Plan existiert, und daß dessen Feststellung verhältnismäßig leicht ist. Dieser Plan ist von höchster Zweckmäßigkeit: indem er freie Zirkulation um alle Waben gestattet, gibt er gleichzeitig der Wabenmasse eine außerordentliche Festigkeit und Dauerhaftigkeit.

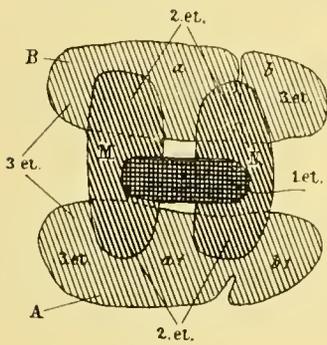


Fig. 94.

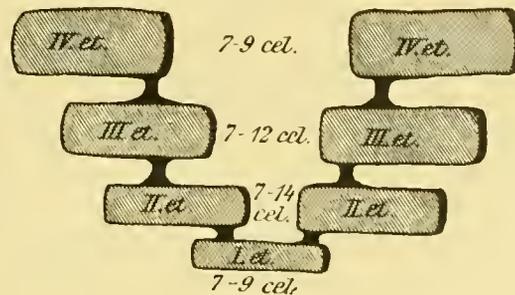


Fig. 95.

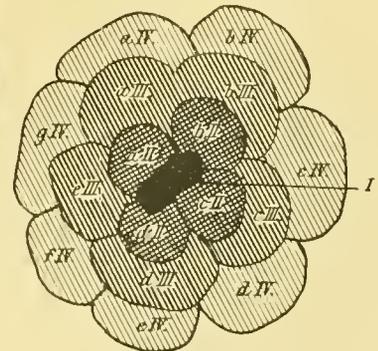


Fig. 96.

Das Charakteristische der Wabenmasse bei dieser Art ist, abgesehen von deren Planmäßigkeit, auch noch darin enthalten, daß die Waben einer jeden Etage so eng miteinander verbunden sind, daß sie auf den ersten Blick nur schwer zu unterscheiden sind.

Die Wabenmasse von *Bombus sylvorum* bildet ein ziemlich kompaktes Ganzes. Der Bauplan der Waben ist hier noch viel leichter festzustellen, als bei der vorhergehenden Form.

Auf Fig. 95 und 96 sehen wir zwei schematische Darstellungen, von denen uns die erste die Reihenfolge sowie die Anordnung der Waben im Vertikaldurchschnitt, die zweite dagegen en face und zwar von unten, d. h. von der Seite der zuerst angelegten Wabe aus, vor Augen führt.

Auf dem ersten dieser Schemata (Fig. 95) sehen wir vier Etagen von Waben, welche dergestalt angeordnet sind, daß immer die eine genau parallel über der anderen liegt, gleichzeitig aber sie an Größe übertrifft, so daß die Waben nach oben zu immer mehr und mehr übereinander vorspringen. Das Schema Fig. 96 zeigt, daß die in Etagen angelegten Waben nicht in der gekreuzten Weise angeordnet sind, wie bei der vorhergehenden Form, sondern in Gestalt einer Rosette.

Die erste Etage besteht aus einer Wabe, die, wie immer, von brauner Farbe ist; sie besitzt eine längliche Gestalt und besteht aus 7—9 Kokons.

Die zweite Etage enthält 4 ringförmig angeordnete Waben (a II, b II, c II, d II). Eine jede dieser Waben besteht aus einem Wabenstück zu 7—14 Kokons; im ganzen sind es etwa 50 Kokons.

Die dritte Etage besteht aus 5 Waben (a III, b III, c III, d III, e III), die wiederum ringförmig über den Waben der zweiten Etage angeordnet sind, wie diese letzteren über den Waben der ersten Etage. Jede Wabe zählt 7—12 Kokons (im ganzen 60).

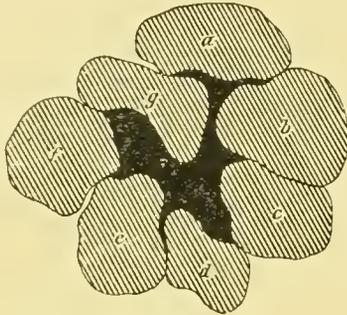


Fig. 97.

Die vierte Etage endlich besteht aus 7 einzelnen Waben (a IV, b IV, c IV, d IV, e IV, f IV, g IV), abermals in Gestalt eines Ringes über dem Wabenring der dritten Etage. Eine jede Wabe besteht aus einem Stück zu 7—9 Kokons; im ganzen sind es etwa 50—60 Kokons. Diese Kokons sind die größten der ganzen Wabenmasse. Auf Fig. 97 ist diese Wabenetage nicht schematisch (wie auf Fig. 96), sondern genau nach der Natur wiedergegeben.

Der architektonische Plan der Wabenmasse von *B. sylvarum* bietet uns demnach eine neue Lösung der Aufgabe, den Waben Solidität und bequeme Zugänglichkeit zu sichern. Dieser Plan steht an Zweckmäßigkeit nicht hinter dem vorhergehenden zurück und ist noch klarer und bestimmter.

Berücksichtigt man alles dasjenige, was über die außerordentliche Unregelmäßigkeit der Waben von *Bombus lapidarius* gesagt wurde, so darf man von vornherein erwarten, daß der architektonische Plan der von ihnen verfertigten Wabenmasse keine große Regelmäßigkeit aufweisen wird, oder wenigstens keine solche, die mit einer regulären geometrischen Figur irgend welcher Art übereinstimmt. Die allgemeine Gestalt der Wabenmasse hat allerdings das Aussehen eines Körpers, der im Längsschnitte ziemlich regelmäßig viereckig ist, wobei die kurze Seite an der Basis, die lange dagegen oben liegt; die innere Anordnung der Waben dagegen, und die von ihnen gebildeten Etagen weisen keinerlei Regelmäßigkeit auf. Die Wabenmasse besteht aus vielen einzelnen Teilen, die ihrerseits wieder aus einer oder mehreren untereinander verbundenen Waben zusammengesetzt werden. Regelmäßige Waben und aus solchen bestehende Etagen treffen wir nur an der Basis und dem Gipfel. Die Grundlage bilden die kleinen Waben der ersten Arbeiterinnen, welche meistens ein ganz regelmäßiges Plättchen bilden. Es kommt jedoch vor, daß sogar dieses erste Plättchen sich schon als unregelmäßig gestaltet erweist.

Zum Schlusse der Besprechung über die Architektur der Bauten von *B. lapidarius* habe ich noch einige Worte über das Wachsdach zu sagen, das die Hummeln über der Wabenmasse errichten.

Niemals habe ich bei anderen Hummeln Wachshüllen von solch großem Umfange gesehen, wie bei *B. lapidarius*. Bei anderen Arten beschränkt sich die Arbeit aus Wachs auf die Verkittung des vegetabilischen Materiales an der Decke des Nestes; seltener erstreckt sie sich auf eine Hülle, welche die Waben von oben dicht umgibt, noch seltener geht diese Hülle auch auf die Seiten über. Diese Verschiedenheit in der Einrichtung des

aus Wachs bestehenden Teiles der Hülle wird nicht so sehr durch den Zustand der „Familie“ und Überfluß an Nahrung bedingt, als durch den Instinkt der betreffenden Art. Davon können wir uns durch Beobachtungen an Hummeln in der Gefangenschaft überzeugen, wo die Lebensbedingungen in Bezug auf die Nahrung ganz identisch mit der Natur gestaltet werden können.

Während z. B. *B. lapidarius* ein ganzes Futteral über den Waben errichtet, und zwar bisweilen gesondert an zwei oder drei Stellen, wenn die Waben getrennt voneinander liegen, — errichtet *B. muscorum* überhaupt keine Decke über den Waben. Die Hummeln dieser Art unterlassen dies nicht etwa aus dem Grunde, weil es ihnen an Wachs mangelt, sondern deshalb, weil ihre Bauinstinkte in dieser Hinsicht etwas anders geartet sind, als diejenigen von *B. lapidarius*. Daß sie Wachs genug haben, wird durch den Umstand bewiesen, daß die Hummeln, um dasselbe loszuwerden, einen Teil des Papierschächtelchens, worin sich der als Futter gereichte Bienenhonig befand, damit bedeckt haben; auf dieses Schächtelchen hatten sie eine ganze Reihe kleiner Wachsklumpchen von unregelmäßiger Gestalt abgelegt.

Als selbständiger Bestandteil des Baues wird das Wachsdach, dafern ein solches vorhanden ist, von den Arbeitern stets an dem Orte angelegt, wo sie sich in der betreffenden Periode des Familienlebens am meisten aufhalten, was wiederum durch die Lage der Puppenzellen, oder wenn solche nicht vorhanden sind, der Honigzellen bedingt wird.

In engem Zusammenhange mit dem Bau des Nestes steht diejenige Tätigkeit der Hummeln, die man als Ausbesserung des Nestes bei Beschädigungen bezeichnen kann.

Derartige Reparaturen werden sowohl von den Hummelarbeiterinnen als auch von den jungen Weibchen ausgeführt; anscheinend nehmen auch die Männchen einen gewissen Anteil an der Arbeit, obgleich ich dies nicht mit Gewißheit behaupten kann.

Die diesbezügliche Tätigkeit der Hummeln ist von zahlreichen Naturforschern beschrieben worden. Soviel mir bekannt ist, haben dieselben jedoch zu dem, was Réaumur über die Frage geschrieben hat, nichts Wesentliches hinzugefügt.

Dieser Autor teilt folgendes mit:

Dès qu'on cesse de les inquiéter, ils songent à recouvrir leur nid, et n'attendent pas même, pour se mettre à l'ouvrage, que celui qui a fait le désordre se soit éloigné. Si la mousse du dessus a été jetée assez près du pied du nid . . . bientôt ils s'occupent à la remettre dans sa première place. . . La façon dont les Bourdons ont été instruits à faire parvenir sur leur nid la mousse qu'ils y veulent placer, est la suivante :

„Considérons-en un seul occupé à ce travail; il est posé à terre sur ses jambes, à quelque distance du nid, sa tête directement tournée du côté opposé. Avec ses dents, il prend un petit paquet de brins de mousse; les jambes de la première paire se présentent bientôt pour aider aux dents à séparer les brins les uns des autres, à les éparpiller, à les charpir, pour ainsi dire; elles s'en chargent ensuite pour les faire tomber sous le corps; là, les deux jambes de la seconde paire viennent s'en emparer, et les poussent plus près du derrière. Enfin les jambes de la dernière paire saisissent ces brins de mousse, et les conduisent par delà le derrière, aussi loin qu'elles les peuvent faire aller. »Après que la manoeuvre que nous venons d'expliquer à été répétée un grand nombre de fois, il s'est formé un petit tas de mousse derrière le Bourdon. Un autre Bourdon, ou le même, répète sur ce petit tas une manoeuvre semblable à celle par laquelle il a

été formé; par cette seconde manoeuvre, le tas est conduit une fois plus loin. C'est ainsi que de petits tas de mousse sont poussés jusqu'au nid, et qu'ils sont montés jusqu'à sa partie la plus élevée.“ Les Bourdons ainsi occupés forment de la sorte une chaîne plus ou moins longue, où ils sont tous la tête tournée du côté où est la mousse à recueillir, le derrière tournée du côté du nid. Arrivée au lieu où elle doit être employée, un ou plusieurs Bourdons la disposent où il est convenable, à l'aide des mandibules et des pattes antérieures.“

Dieser Beschreibung fügt Professor S. Pérez¹ folgendes hinzu:

„Jamais ils ne vont en chercher au loin; jamais on ne les voit venir en volant, chargés du plus léger brin de plante.“

Die obige Schilderung kommt der Wirklichkeit, wie wir sofort sehen werden, ziemlich nahe, mit Ausnahme eines Punktes, der zweifellos einem Irrtum zuzuschreiben ist. Ich meine die Angabe, daß die Hummeln eine Kette von Individuen bilden, die das Material einander weitergeben und so an den Bestimmungsort befördern, um es daselbst in passender Weise anzubringen. Etwas Derartiges kommt nicht vor; der Irrtum ist wohl dadurch entstanden, daß ein Fall von sehr bedeutender Beschädigung des Nestes beobachtet wurde, infolge deren eine große Anzahl von Individuen an die Arbeit eilten; bei der Massenbewegung dieser letzten konnte man sich alle beliebigen Ketten, Linien und Figuren vorstellen. Dieser Irrtum ist nicht nur aus dem Grunde von Wichtigkeit, weil er eine Erscheinung nicht richtig wiedergibt, sondern in noch viel höherem Maße deshalb, weil die Behauptung Réaumur's die Tätigkeit der Hummeln in einem Lichte erscheinen läßt, das ihr durchaus nicht zukommt. Die von Réaumur gelieferte Beschreibung führt nämlich zu der Auffassung, daß die Hummeln befähigt sind, gemeinsame Handlungen auszuführen, wobei sie sich gegenseitig bewußtermaßen Hilfe leisten, d. h. solche Handlungen, welche nach der Terminologie der Autoren einen typisch sozialen Charakter tragen. In Wirklichkeit dagegen sind die Hummeln zu keinerlei gemeinsamer Tätigkeit befähigt; noch weniger sind sie zu bewußter gegenseitiger Hilfeleistung befähigt. In nachstehendem teile ich eigene Beobachtungen über die Ausbesserung des Nestes bei den Hummeln mit, die das Gesagte beweisen werden.

Wenn irgend ein Teil des Nestes zerstört worden war, zeigten sich an der betreffenden Stelle sogleich Hummelarbeiterinnen, die zuerst einige Male auf- und abflogen, „den Feind suchend“, um sich sodann auf das Nest niederzulassen und in dasselbe hineinzukriechen, was stets und unabänderlich durch das Flugloch, nicht aber durch die künstlich hervorgebrachte Öffnung geschah. Bald darauf erschienen sie wieder an der Oberfläche des Nestes dort, wo dasselbe zerstört worden war, und wohin sie direkt von innen gelangten. Nunmehr bewegten sie sich lebhaft an der zerstörten Stelle auf und ab und begannen dieselbe auszubessern. Nach Verlauf einer gewissen Zeit, deren Dauer von der Größe der Beschädigung abhängt, beginnen einige Hummeln in das Nest zurückzukehren, und zwar wiederum durch das Flugloch. Sehr bald jedoch zeigen sie sich wieder an der Oberfläche des Nestes, wohin sie geradeswegs durch die dasselbe umhüllende Schicht gelangen, und machen sich von neuem an die Arbeit.

Je größer die Verletzung ist, um so größer ist auch die Zahl der an der Oberfläche des Nestes erscheinenden Hummeln; je weiter die Ausbesserung fortschreitet, um so ge-

¹ Les Abeilles. 1889.

ringer ist die Zahl der Hummelarbeiterinnen, die, nachdem sie einmal in das Nest zurückgekehrt waren, wieder an die beschädigte Stelle heraustreten. Endlich erscheint nur noch eine Hummel, welche eine Zeit lang arbeitet und dann in das Nest zurückkehrt, worauf sich keine Hummeln mehr auf dessen Oberfläche sehen lassen.

Auf den ersten Blick sollte man glauben, daß den Handlungen, die sich hier vor uns abspielen, eine außerordentlich verwickelte Psychologie zu Grunde liegt; die Hummeln haben anscheinend ein Verständnis dafür, wann die Arbeit eine größere Anzahl von Teilnehmern erfordert und wann eine geringere, und handeln demgemäß.

In Wirklichkeit ist die Sache viel einfacher und erklärt sich folgendermaßen. Das Licht dringt für gewöhnlich nicht in das innere Nest herein, obgleich es vorkommen kann, daß die Waben sogar durch die Öffnung des Flugloches zu sehen sind, doch sind dies außerordentlich seltene Fälle (von den in der Gefangenschaft künstlich herbeigeführten Erscheinungen wird später die Rede sein); sobald nun in der äußeren Schicht des Nestes eine Beschädigung erfolgt, trifft das Licht sofort eine gewisse Anzahl von Hummeln, — nicht alle natürlich, da sich nicht alle Hummeln in dem oberen Teile des inneren Nestes befinden. Und auch in diesem oberen Raume ruft das Licht nur bei denjenigen Individuen eine Reaktion hervor, welche sich außerhalb des Schutzes der über dem inneren Neste aufgeführten Wachsdecke befinden. Es versteht sich von selbst, daß je größer die angebrachte Öffnung und je beträchtlicher der Schaden ist, auch umso mehr Licht in das innere Nest dringt, eine um so größere Anzahl von Hummeln durch dasselbe gereizt wird, und umso mehr Hummeln in der Richtung nach der Quelle des Reizes eilen werden. Diejenige Erscheinung, welche sich als eine Kontrolle der Arbeit durch die Hummeln darstellt, ist eine einfache Wiederholung derselben Reaktion auf dieselbe Quelle des ausgeübten Reizes: es kann sogar vorkommen, daß nicht einmal dieselben Individuen durch die Öffnung heraustreten, die in das Nest zurückgekehrt sind, sondern andere, die zufällig an eine solche Stelle des inneren Nestes geraten waren, wohin das von einer Beschädigung zeugende Licht durch die noch nicht völlig ausgebesserte Bresche hingelangt. Je weiter die Ausbesserung fortschreitet, um so weniger dringt natürlich das Licht in das Innere des Nestes, und um so geringer ist die Anzahl der Individuen, die den entsprechenden Reiz empfangen; desto geringer ist auch die Zahl der an der Oberfläche erscheinenden Hummeln und endlich hört dieses Erscheinen ganz auf. Indem man die Öffnung mit irgend einem undurchsichtigen Gegenstande willkürlich verdeckt, kann man das Herbeiströmen der Arbeiterinnen nach dem Orte der Ausbesserung vermindern oder verstärken.

Von dem Umstande, daß der zur Ausbesserung des Nestes führende Instinkt bei den Hummeln in gewissen Fällen durch das Licht hervorgerufen wird, können wir uns, abgesehen von Beobachtungen im Freien, auch durch folgende Beobachtungen an gefangenen Hummeln überzeugen.

Nachdem ich das Nest eines wenig zahlreichen Hummelvolkes in einer Kiste untergebracht hatte, begann ich dasselbe langsam und vorsichtig zu öffnen: das Licht drang allmählich in das Innere des Nestes ein. Die Hummeln wurden unruhig und machten sich an die Ausbesserung des Nestes, was jedoch so langsam und so wenig einmütig geschah, daß die Öffnung zum Abend noch nicht verschlossen war. Hierauf wurde das Nest für die Nacht wieder völlig von mir bedeckt. Während der Nacht untersuchte ich das Nest.

Die plötzliche Helligkeit rief eine schreckliche Verwirrung und großes Getümmel hervor, doch beruhigten sich die Hummeln, nachdem ich den Stock vorsichtig wieder bedeckt hatte. Am nächsten Morgen, gegen 10 Uhr, deckte ich den Stock wieder auf; das Nest war die ganze Zeit über (gegen 14—16 Stunden) unausgebessert geblieben, d. h. es befand sich genau in demselben Zustande wie am Tage zuvor: die Waben lagen fast ganz frei. Das plötzliche Erscheinen von Licht rief die frühere Unruhe und Verwirrung hervor. Ich ließ das Nest hierauf unbedeckt stehen; es begann eine einmütige und eilige Ausbesserung. Nach zwei Stunden, ja sogar etwas früher, war dieselbe beendet und das Nest sah aus, als ob es neu angefertigt worden wäre.

Ferner teile ich folgende, von mir an einem Neste von *Bombus lapidarius* angestellten Versuche mit.

Nachdem die Hummeln eines von mir mitgebrachten Nestes zeitweilig entfernt worden waren, brachte ich die Waben (g.m.) in die Mitte der Kiste A. B. (Fig. 98); darauf ließ ich die Hummeln in diese Kiste und bedeckte die letztere mit dem Brette abcd. Die erste Zeit über drang gar kein Licht in die Kiste. Den so vorbereiteten Zwinger stellte ich in der Weise neben das Fenster, daß ich durch Verschieben des Brettes Licht von vorne und von hinten eindringen lassen konnte. Auf Fig. 98 ist das Brett abcd so

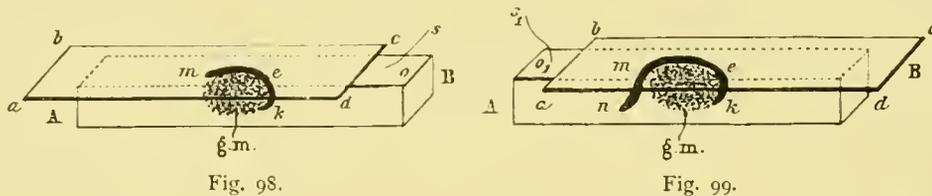


Fig. 98.

Fig. 99.

gestellt, daß das Licht nur von der Seite s durch die Öffnung o in das Nest eindringen kann. In sehr kurzer Zeit hatten die Hummeln über den Waben eine Wachsdecke in der Ausdehnung k. e. m. errichtet; so blieben die Dinge während eines Zeitraumes von 11 $\frac{1}{2}$ Wochen ohne jede Veränderung. Nach Ablauf dieser Zeit verschob ich das Brett (abcd), wie dies auf Fig. 99 angegeben ist, derartig, daß das Licht nicht mehr von der Seite s, sondern von der Seite s₁ durch den Spalt o₁ her in die Kiste eindrang; sofort machten sich die Hummeln an die Arbeit und hatten im Verlaufe von zwei Tagen das Nest auf dieser Seite in der Ausdehnung k. e. m. n. ganz ausgebessert, indem sie auch hier eine Decke aus Wachs anfertigten, in der zum Ein- und Ausgehen spezielle Öffnungen an der Seite angebracht waren.

Endlich habe ich bezüglich der Ausbesserung des Nestes durch die Hummeln noch hinzuzufügen, daß die Art und Weise, wie eine solche Bauarbeit ausgeführt wird, bei Individuen einer Spezies die gleiche, bei verschiedenen Arten dagegen eine verschiedene ist.

So scharren die Hummeln von *B. muscorum* das Baumaterial bei der Arbeit mit allen Beinen paarweise und abwechselnd, mit dem ersten Beinpaare beginnend, zusammen, wobei sie das Material mit jeder Bewegung nur auf eine sehr kurze Entfernung hin weiter-schaffen. Die Kiefern werden von ihnen bei dieser Arbeit überhaupt nicht in Tätigkeit gesetzt. Dahingegen bilden diese Organe bei *B. terrestris* gerade das hauptsächlichste Werkzeug, mittelst dessen diese Hummeln das Material von einer Stelle zur anderen

tragen; wodurch natürlich der ganze Gang der Ausbesserungsarbeit bei diesen und jenen Hummeln ein durchaus verschiedener wird.

Bei *Bombus muscorum* schaffen die Individuen das Baumaterial in der Weise nach dem Neste, daß sie das gesamte Material gleichzeitig in Angriff nehmen. Legt man auf den Boden eines Zwingers (Fig. 100 A B) offene Hummelwaben (mg.) und verteilt dann das Baumaterial in einer gleichmäßigen Schicht derart um die Waben herum, daß die Blättchen a, b, c, d, e, f . . . o in der auf der Figur angegebenen Weise gelagert sind, so wird die Arbeit der Hummeln in folgendem bestehen: indem die Hummel sich auf dem Baumaterial von den Waben mg. aus nach dem Rande des Stockes zu, also nach o, o₁ oder o₂ bewegt (den Kopf in der Richtung der Pfeile haltend), läßt sie alle auf ihrem Wege liegenden Blättchen, indem sie dieselben unter sich scharrt, zwischen ihren drei Beinpaaren hindurchgehen, eines nach dem anderen, zuerst a, dann b, c, d u. s. w. Dabei gelangen die Arbeiterinnen nicht alle gleich weit und nicht immer bis zu dem Zwingerrande; schließlich wird aber das gesamte daliegende Material an das Nest herangeschoben. Wenn man den Zwinger am ersten und an den darauffolgenden Tagen des Versuches betrachtet, so bieten sich folgende Bilder. Auf Fig. 101 sehen wir, wie das Baumaterial (Mt) den ganzen Boden des Zwingers in einer dünnen Schicht gleichmäßig bedeckt; in dem nächsten Stadium der

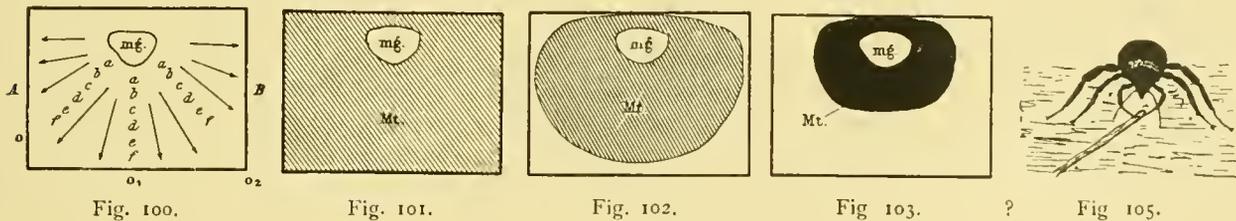


Fig. 100.

Fig. 101.

Fig. 102.

Fig. 103.

? Fig. 105.

Arbeit bedeckt dieses Material nur noch einen bestimmten Teil des Bodens (Mt, Fig. 102), während die Dicke der Schicht beträchtlich zugenommen hat (die mehr oder weniger dunkle Färbung weist auf die Unterschiede in der Dicke der Schicht hin). Auf Fig. 103 endlich ist das gesamte Material von dem Boden der Kiste zu den Waben hin verschoben, die davon ganz bedeckt sind (auf der Zeichnung nicht angegeben).

Ein ganz anderes Bild zeigt die Arbeit bei *Bombus terrestris*. Hier wird überhaupt nicht das gesamte Baumaterial zum Neste geschoben, da diese Hummeln vielmehr nur die passenden Stücke aus dem Materiale heraussuchen, und dieselben mit den Kiefern forttragen (Fig. 105). Mit dem für die Ausbesserung des Nestes ausgewählten Gegenstande an den Waben angelangt, legen die Hummeln ihre Bürde direkt auf den letzteren nieder. Das Nest erhält dadurch bald eine mehr oder weniger regelmäßige Gestalt. — Eine andere Eigentümlichkeit, die ihre Ausbesserungsarbeit von derjenigen der oberirdisch bauenden Hummeln unterscheidet, besteht darin, daß *B. terrestris* stets nur in einer Richtung vom Neste aus nach Material geht, während jene sich radiär nach allen Seiten hin begeben. Dieser Umstand läßt sich natürlich dadurch erklären, daß die normalerweise unterirdisch bauenden Hummeln sich innerhalb ihrer Gänge stets nur in einer Richtung bewegen, um Material zu holen: unter künstlichen Bedingungen benehmen sie sich ebenso, obgleich es nun nicht den geringsten Sinn mehr hat.

Es ist ferner von Interesse, daß gefangene *B. terrestris* zur Reparatur ihres Nestes genau dieselben Grashälme verwenden, die ihnen zum Bau ihrer unterirdischen Behausungen dienen. Wenn es aber dort bequem war, einen dünnen Grashalm durch das lange Mäuseloch zu schleppen, der Instinkt, solche Halme zu tragen, also nützlich erschien, so kann er hier keineswegs zweckmäßig genannt werden, indem nur sehr wenig derartiges Material vorhanden ist. Jedenfalls wäre es für die Hummeln in der Gefangenschaft bequemer, das gerade zur Hand befindliche Material zu verwenden; aber ihr Instinkt verweist sie eben auf ein bestimmtes anderes Material, und so bleibt es dabei auch in der Gefangenschaft.

Bevor ich die Beschreibung der Hummelnester und ihrer Ausbesserung beende, habe ich noch folgende Frage zu beantworten: Welche Rolle spielt bei dieser gemeinschaftlichen Arbeit der Hummeln die gegenseitige Hilfe, welche die „Familien“glieder einander angedeihen lassen, und welche nach der Ansicht vieler Autoren eines der wichtigsten Merkmale für die Unterscheidung der sozialen Insekten von den solitären darstellt und erstere mit den Gesellschaften des Menschen in nähere Beziehung bringt.

Viele der von mir bereits weiter oben angeführten Tatsachen sprechen in recht beredter Weise dafür, daß die Bautätigkeit der Hummeln nur aus dem Grunde als gemeinschaftlich und mit gegenseitiger Hilfeleistung verbunden erscheint, weil sie von den Hummeln am gleichen Orte und auf Grund gleichartiger, vererbter Instinkte ausgeübt wird; in Wirklichkeit aber ist diese gemeinsame Arbeit wohl nichts weiter als die Summe der Arbeiten einer Summe von Individuen, von denen jedes auf eigene Gefahr und Rechnung tätig ist. — Dies möge durch folgende Tatsachen weiterhin erhärtet werden.

In Fig. 106, deren Verständnis für den Leser notwendig ist, habe ich zehn verschiedene Momente aus der Baugeschichte eines Wachsdaehes (c. ci) über einer Wabenmasse (m. g.) dargestellt. Diese Wabenmasse bestand aus fünf einzelnen Teilen (Taf. I, Fig. 19, welche denselben Gegenstand in dem Moment des Baues darstellt, welcher auf der Fig. 106 durch b, b, b . . . wiedergegeben wird) ga₁, ga₂, ga₃, ga₄, ga₅ (der letztgenannte unter dem Dache c. ci), die ich nebeneinander auf den Boden des Zwingers gelegt hatte; hier waren sie nach einiger Zeit von den Hummeln durch wächserne Querverbände untereinander verbunden worden. Auf Taf. I, Fig. 19 sind dieselben in ihrer natürlichen dunkelbraunen Färbung dargestellt.

Die Überdachungsarbeit begann am Morgen des 11. August oberhalb der fünften Wabe (zwischen A und B in Fig. 106), und die Linie, die das an diesem Tage Geleistete umgrenzt, habe ich auf Fig. 106 mit der Ziffer 1 bezeichnet. Am 13. August war die Arbeit zwar außerordentlich wenig, aber dafür in sehr lehrreicher Weise vorgeschritten. Auf Fig. 106 markiert die Linie 2 den Zustand des Daches, wie er sich an diesem Tage darbot, und in Fig. 107 sind die Zustände des Daches vom 11. und 13. August nochmals einzeln dargestellt; das Dach vom 11. August ist hier durch die Buchstaben A, D, C, B bezeichnet, das andere durch die Buchstaben A, E, F, G, B. Die zwei hier dargestellten, aufeinanderfolgenden Stadien der Arbeit zeigen mit völliger Klarheit, daß die Hummeln ihr Werk nicht gemeinschaftlich beginnen und kontinuierlich weiterführen; sondern während

an einer Stelle gebaut wird, wird an einer anderen das früher Hergestellte wieder zerstört. Anfangs hatte das Dach die Gestalt eines ziemlich regelmäßigen Vierecks ADCB, allein nach zwei Tagen war ein Teil dieses Vierecks — EDF — verschwunden, während der Teil FGC neu aufgeführt worden war; hieraus ergab sich ein Dach von der unregelmäßigen Form AEF GCB.

Auf welche Weise kann nun eine so merkwürdige, in der Tätigkeit der solitären Insekten bisher unbekannt gebliebene Erscheinung erklärt werden? Wer verbessert das bereits Gemachte; wozu wird die Arbeit in einer bestimmten Richtung durchgeführt, um morgen wieder umgebaut zu werden und eine neue Richtung zu erhalten und so fort, wie dies in Fig. 106 an den mit 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 bezeichneten Umrissen, die den Fortschritt des Dachbaues darstellen, zu sehen ist? Die Erklärung hierfür ist viel einfacher,

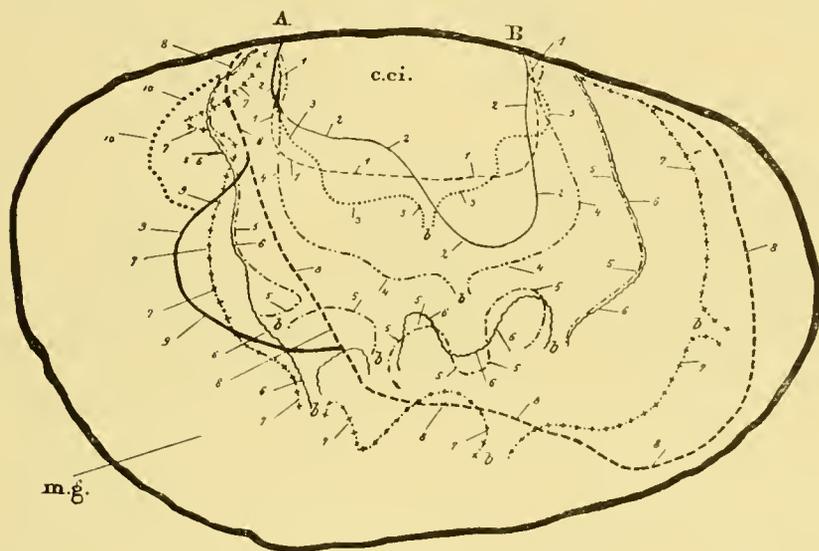


Fig. 106.

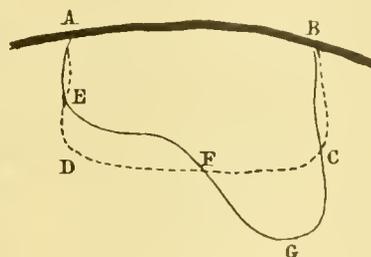


Fig. 107.

als es auf den ersten Blick den Anschein hat, und besonders viel einfacher als bei einer Beurteilung ad hominem. Von dem letzteren Gesichtspunkte aus betrachtet erscheint die Sache gänzlich unbegreifbar, wenn man nicht etwa „Anleitung durch Erfahrene“, „die Fähigkeit, einander zu verstehen und durch Mittel, die wir nicht kennen, einander Mitteilungen zu machen“ und dergleichen mehr phantastische Vermutungen zulassen will. Die Sache verhält sich vielmehr folgendermaßen:

Beobachtet man die Tätigkeit irgend eines einzelnen, am Aufbau eines Daches oder sonstigen Ausbesserungen des Nestes beschäftigten Individuums, so überzeugt man sich, daß diese Tätigkeit eine von dem Individuum auf eigene Gefahr unternommene Arbeit, d. h. nur eine Antwort auf bestimmte äußere Reize darstellt. Diese Tätigkeit nimmt keinerlei Bezug auf die Interessen der anderen Individuen, und dieselbe als eine „soziale“ zu bezeichnen, hat gerade so viel Sinn, als wenn man die Tätigkeit einer Blüte — als Aufopferung im Interesse der Art hinstellen wollte.

Obwohl mit einer Arbeit — der Aufführung eines Daches — beschäftigt, die nicht nur eine persönliche, sondern eine soziale Bedeutung erlangt, arbeitet doch jede Hummel

im Grunde genommen nur für sich selbst, ohne Bezugnahme auf andere. Ja, bei der gemeinsamen Arbeit hindern die Hummeln sich sogar gegenseitig, die Arbeit so auszuführen, wie eine jede von ihnen sie für sich gemacht hätte, und zwar um so stärker, je größer die Zahl der gleichzeitig arbeitenden Hummeln ist. Wenn nämlich eine Hummel irgend eine Arbeit aus Wachs herstellt, so schleppt sie zwar im allgemeinen Stückchen dieses Materiales aus der Umgebung herbei; gelegentlich aber bricht sie dasselbe irgendwo abseits der Stelle, wo sie arbeitet, vom Dache ab oder aber von einer alten Zelle u. s. w. Doch habe ich nie gesehen, daß eine Hummel zu diesem Zwecke ihre eigene Arbeit oder den Wachsaufbau über einer Honigzelle zerstört hätte: letztere werden von den Arbeiterinnen niemals angerührt. — So kommt es, daß die Hummeln, die den Vorsprung F.G.C. fertigen, durch Abbrechen von Wachs die Ecke bei D zerstören; diejenigen Individuen dagegen, die bei E.D.F. gearbeitet hatten, nehmen sich Wachs von anderen Stellen, auch von F.G.C.

Das Resultat einer derartigen „gemeinsamen Arbeit“ ist leicht verständlich: wenn an dem Dachabschnitte F.G.C. zehn Hummeln, an dem Abschnitte E.D.J. dagegen nur fünf arbeiten, so wird ersterer zwar langsam, aber immerhin rascher fortschreiten als der zweite, und der Bau wird sich aus ABCD in A.E.F.G.C.D. verwandeln: gleichsam die mittlere Proportionale aller Einzelbestrebungen der arbeitenden Individuen.

Den Ausschlag gibt in jedem gegebenen Momente die Mehrzahl der Arbeitenden; was jedoch nicht etwa dadurch erreicht wird, daß die Individuen der Majorität irgend welche Vorzüge vor denen der Minorität besäßen: alle Hummeln sind vielmehr in gleichem Maße unerfahren (indem sie diese Arbeit unter den gegebenen lokalen Bedingungen alle zum ersten Male ausführen) und können auch in gleichem Maße einer Anleitung entbehren (indem sie dazu befähigt sind, diese Arbeit sofort nach dem Verlassen der Zelle und bei völliger Isolation zu leisten). Der Grund für den Eintritt eines mittleren Resultates liegt einfach darin, daß stärkere Schwankungen des Instinktes — als extreme Fälle — nur bei der Minderheit beobachtet werden; die Mehrheit dagegen besitzt Instinkte mittlerer Ausbildung, deren Wirkungen daher als die vorherrschenden erscheinen.

Ich will dies durch folgendes Beispiel aus der Geschichte der Spinnen klarzumachen suchen. *Trochosa singorius* baut Gänge, deren Tiefe ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterliegt. Wir können die ungleichen Längenmaße etwa in folgender Weise gruppieren.¹

	5 Individuen bauen einen Gang von 18 cm Tiefe	
10	„ „ „ „ „	22 „ „
20	„ „ „ „ „	26,5 „ „
40	„ „ „ „ „	31 „ „
20	„ „ „ „ „	35,5 „ „
10	„ „ „ „ „	40 „ „
5	„ „ „ „ „	44,5 „ „

Man erkennt, daß diejenige Tiefe, die von der Mehrzahl eingehalten wird, d. h. etwa 31 cm, ziemlich genau der mittleren Gangtiefe entspricht.

Eine im psychologischen Sinne durchaus übereinstimmende Erscheinung sehen wir

¹ L'industrie des Araneina. Mém. de L'Acad. Imp. Sc. St. Pétersb. VII. Sér. T. XLII. No. 11.

auch in der Tätigkeit der Hummeln bei der Anfertigung des Wachsdaeches und anderen „gemeinsamen“ Arbeiten.

Wodurch wird denn nun die Tätigkeit eines jeden Individuums — außer dem allgemeinen Instinkte — im speziellen geleitet? — Hier kommen äußere Faktoren und unter diesen zunächst die Größe des arbeitenden Individuums in Betracht.

Beobachtet man die Arbeit der Hummeln, so wird man freilich auf den ersten Blick nicht nur keine Abhängigkeit zwischen der Größe ihres Körpers und der produzierten Arbeit bemerken, sondern sogar den Eindruck bekommen, als ob eine solche durchaus nicht bestünde. Fig. 108 zeigt uns das Bild einer solchen Arbeit, von oben gesehen; c.ce stellt die Wachsdecke dar. Die arbeitende Hummel sitzt nicht etwa auf der Fläche des Daches (weder oberhalb noch unterhalb), sondern hält sich an dessen freiem Rande bs fest. Auf diese Weise kommt die Hummel während der Arbeit gar nicht mit den Waben in Berührung, und es hat den Anschein, als könnten dieselben keinen Einfluß auf die Arbeit der Hummeln haben.

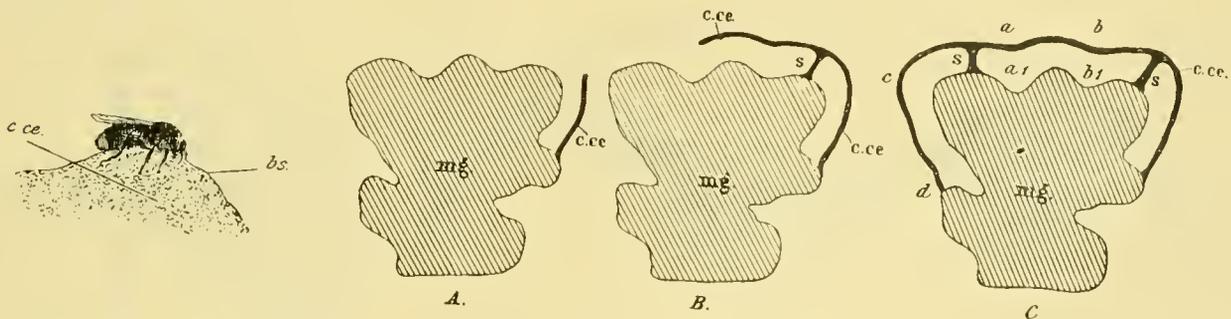


Fig. 108.

Fig. 109.

Richtet man sein Augenmerk jedoch nicht allein darauf, wie die Hummel in dem betreffenden Momente arbeitet oder vor einer Stunde gearbeitet hat u. s. w., sondern vielmehr darauf, wie das Dach endgültig, nach vielfacher Umgestaltung aufgeführt wird, so bemerkt man unschwer, daß die Entfernung des Daches von den Waben, wie dies aus Fig. 109 A, B und C hervorgeht, fast die ganze Zeit über die gleiche bleibt und den Dimensionen der jeweilig allergrößten Arbeiterin gleichkommt. Das Dach zeigt Krümmungen (a—b, Fig. C), welche in gewissem Grade den Krümmungen der Wabenoberflächen (a₁b₁) entsprechen; zuerst steigt es an, entsprechend der Steigung der Waben (Fig. 109 A c.ce), um sich darauf entsprechend der Senkung der Waben wieder zu senken (Fig. C).

Von dieser Regel kommen sowohl scheinbare als auch wirkliche Abweichungen vor. Ersteren Fall sehen wir auf der Fig. 110. Wird der Wachsbaue (c.ce.) längs der vegetabilischen Schicht des inneren Nestes N.i. aufgeführt, so bewegen sich die Hummeln mit dem Materiale für den Bau nicht auf den Waben, sondern auf dem Dache selbst fort. Infolgedessen tritt das Dach bald direkt an die am meisten hervorspringenden Kokons (coc) heran und findet an ihnen einen Stützpunkt, indem es an ihnen befestigt wird, bald entfernt es sich, indem es der Hülle des inneren Nestes (N.i.) folgt, so weit von der Oberfläche der Waben (ga), daß jeder Zusammenhang zwischen beiden ganz verloren geht.

Folgende andere Abweichung von der erwähnten Regel habe ich bei Hummeln in der Gefangenschaft beobachtet. Die Wabenmasse (Fig. 111, m.g.) war in einer Kiste, nahe

an deren Wand (A—B) untergebracht worden; als die Hummeln ein Wachsdach (c. ce) angefertigt hatten, erwies es sich, daß dasselbe in demjenigen Teile seiner Ausdehnung, welcher der Kistenwand A—B zugekehrt war (c—d), dieser Wand genau parallel lief, und daß die Entfernung zwischen beiden der Größe der Hummelarbeiterinnen entsprach. Mit anderen Worten, als der Gegenstand, durch welchen die Hummeln sich bei der Arbeit leiten ließen, erwiesen sich hier nicht, wie sonst, die Waben, sondern die Wand der Kiste; infolgedessen bildete sich bei B zwischen den Waben und dem Wachsdache eine verengte Stelle, die für die Hummeln unpassierbar war. Sobald jedoch das Wachsdach die Höhe der Waben bei d erreichte, veränderte es sofort seine Richtung und wurde oberhalb der Waben in der Linie d—e weitergeführt, wobei nunmehr die Waben die Rolle des den Abstand regulierenden Gegenstandes spielten. — Solche und ähnliche Abweichungen von der Regel finden ihre Erklärung in dieser Regel selbst.

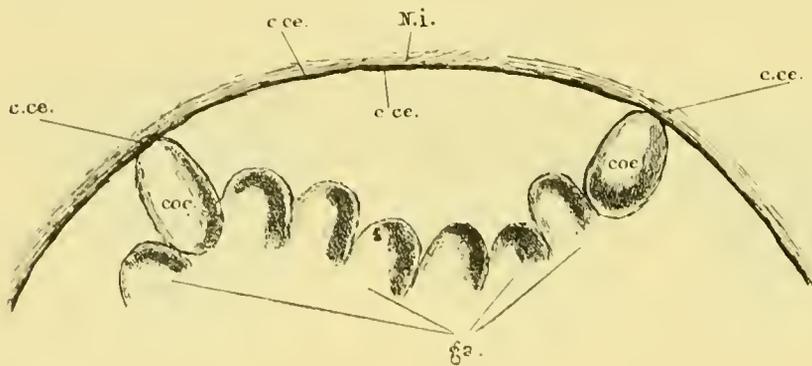


Fig. 110.

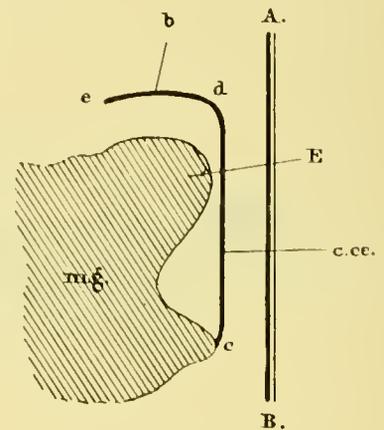


Fig. 111.

Der in Fig. 110 abgebildete Fall stellt überhaupt keine eigentliche Abweichung dar, indem das Wachsdach hier kein selbständiger Teil des Nestes war, sondern das Wachs nur zum Verkleben der vegetabilischen Teilchen des inneren Nestes diente und sich naturgemäß diesen auf Grund anderweitiger Instinkte geordneten Teilchen anschmiegte.

Was dagegen den Fall betrifft, den ich im Zwinger beobachtete (Fig. 111), so läßt sich derselbe natürlich dadurch erklären, daß sich die Hummelarbeiterinnen mit ihrem Baumaterial — dem Wachs — nicht auf ein und demselben Wege fortbewegten: die einen gingen über die Waben, die andern krochen an den Wänden, und da die Mehrzahl sich auf den Wänden fortbewegte, so bekam schließlich das Wachsdach die Gestalt und das Aussehen, wie ich sie in Fig. 111 wiedergegeben habe. Indem die Hummeln an dem freien Rande des Daches arbeiten, verlieren sie dennoch den Zusammenhang mit den Waben nicht: sie gehen von dem Dache auf dieselben hinüber und umgekehrt. Hierdurch wird natürlich der Umstand erklärt, daß die Arbeiten der Hummeln, als das Dach bis zu dem Punkte d aufgeführt worden war, ihre Richtung veränderten, und von d nach e vorgingen.

Von diesen Schlußfolgerungen ausgehend, wird es uns leicht fallen, jenes verwickelte Netz der Fig. 106 zu verstehen, die uns verschiedene Momente der Aufführung des Wachsdaches zeigt.

Zustand des Daches am 11. August. Das Dach stellt auf Fig. 106, wo seine Grenzen durch die Ziffer 1, — und auf Fig. 107 — wo sie durch die Buchstaben ABCD bezeichnet sind, eine Platte von ziemlich regelmäßiger viereckiger Gestalt dar.

Am 13. August: dieses Viereck verwandelt sich in eine unregelmäßige Figur, deren Grenzen auf Fig. 106 durch die Ziffer 2, auf Fig. 107 dagegen durch die Buchstaben A E F G C D bezeichnet sind. Die Mehrzahl der Hummeln hat sich an einer Stelle F G C vorwärts bewegt und dabei einen Teil des bereits früher an einer anderen Stelle E D F aufgeführten Baues zerstört. Sodann stellen sie einen Teil des zerbrochenen Daches wieder her (die Grenzen des Daches sind durch die Ziffern 3 bezeichnet) und vernichten jenen Vorsprung (F G C), welcher zum Teile mit neuem Wachs, zum Teile auf Kosten der Ecke des Daches E D F aufgeführt worden war.

In diesem Zustande der Aufführung des Daches finden wir außer bereits bekannten auch einen neuen Zug, welcher jedoch seinen Ursprung in denselben Regeln findet, von welchen oben die Rede war. Als nämlich das Dach den in Fig. 106 durch die Ziffer 3 markierten Umfang erreicht hatte, lag sein Rand schon nicht mehr fest auf: er schwankte, da er von dem Stützpunkte, d. h. von der Linie A—B, weit abstand. Um diesem Mißstande abzuhelfen, führen die Hummeln Stützplatten oder Stützpfeiler auf. Dieselben sind auf Taf. I, Fig. 19 dargestellt. Diese Stützen haben die Gestalt dünner und unregelmäßig gestalteter Säulchen oder Bänder, welche von dem Rande des Daches auf eine darunterliegende Zelle herabgehen. Ebenso wie auch das Dach selbst, haben diese Stützen keine bestimmte Größe, indem sie im Gegenteil beständig ihre Lage und Gestalt verändern. Bisweilen bleiben sie unterhalb des Daches, bisweilen aber werden sie an dessen Rand verlegt, was von der Gestalt dieses Daches abhängt.

Auf den durch die Ziffer 3 bezeichneten Zustand des Daches folgen weiterhin die Zustände 4 und 5. Der Bau des Daches, wie er sich ungefähr in diesem Momente befindet, ist einzeln in Fig. 106 s. s. dargestellt. In diesem Stadium ist das Dach bereits mit drei Strebpfeilern (b) versehen; es bedeckt die eine der fünf untereinander verbundenen Waben bereits vollständig, außerdem einen Teil der anderen Waben. Es sind mehrere Eingänge unter das Dach vorhanden, die selbst den größten Individuen der Familie, einschließlich der Weibchen, das Eindringen in das Innere des Nestes ermöglichen.

Über die weiteren Details des Baues werde ich nicht mit der gleichen Ausführlichkeit reden, da diese stets ein und dieselbe Erklärung finden. Ich will nur erwähnen, daß an das Dach, nachdem es die mit der Ziffer 8 bezeichnete Gestalt erhalten hatte, zu verschiedenen Zeiten zwei Flügel angebaut wurden, von welchen der eine mit 9, der andere mit 10 bezeichnet ist. Auf diesem Stadium blieb der Ausbau des Daches stehen: es war die Zeit eingetreten, wo die Arbeiten der Hummeln ganz aufhörten.

Die Arbeit der Hummeln repräsentiert demnach nicht ein gemeinsames und zu gemeinnützigem Zwecke ausgeführtes Werk, sondern einfach die Arbeit einiger oder vieler; sie wird von jedem auf seine Weise betrieben und ergibt schließlich aus Gründen, die von keinem der einzelnen Teilnehmer abhängig sind, infolge der Ähnlichkeit der Instinkte, deren Gebot diese vielen unterworfen sind, etwas Ganzes, Einheitliches.

Nachstehend noch ein Beispiel, das die Richtigkeit des Gesagten auch in Kleinigkeiten bestätigt.

In einem ziemlich zahlreich bevölkerten Neste von *Bombus lapidarius* wurde am 3. August in der aus Wachs gefertigten Decke des Daches eine Öffnung (Fig. 112 A) angebracht, deren Durchmesser der Dicke eines großen Weibchens entsprach. Die Öffnung hatte unregelmäßig geformte Ränder und war augenscheinlich zum Herauskröchen angebracht worden, denn sie war die 4. oder 5. ihrer Art, und die früher angelegten dienten als beständige Eingänge (Fig. 112 o und o₁). Am 4. August wurde die angebrachte Öffnung sehr sorgfältig verschlossen; der Verschluss hatte das Aussehen einer aus konzentrisch angeordneten Kreisen bestehenden Oblate (Fig. 113, nat. Größe), wobei die Kreise auf den Gang der Arbeit hinwiesen. Die Oblate selbst war leicht zu bemerken, indem das Wachs, aus welchem sie bestand, bedeutend heller war, als das zur Einrichtung des Daches verwendete Wachs. Am 5. August zeigte sich an Stelle der angefertigten Oblate eine neue Öffnung, welche diesesmal sehr regelmäßig in der früher aufgelegten Oblate angebracht worden war

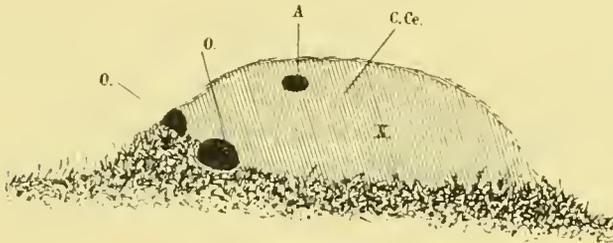


Fig. 112.

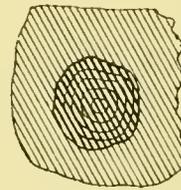


Fig. 113.

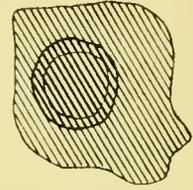


Fig. 114.

und einen kleineren Durchmesser zeigte, als diese letztere. Am 6. August erwies sich die Öffnung von neuem sorgfältig verschlossen (Fig. 114); in diesem Zustande verblieb sie bis zum 7.; in der Nacht des 8. wurde wiederum eine Öffnung angebracht u. s. w.

Es ist klar, daß die Anbringung einer Ausgangsöffnung an irgend einer Stelle des Nestes nicht das Werk aller ist und keinesfalls gemeinsam beschlossen wird, wie man dies erzählen hört, sondern daß dieselbe von jedem einzeln, auf eigene Gefahr und für sich selbst ausgeführt wird: die einen machen eine Öffnung, die anderen machen sie wieder zu, bis sich die Minderzahl an dieselbe gewöhnt, und zwar unbedingt die Minderzahl, da die Mehrzahl häufiger etwas schaffen wird, als die Minderzahl es umändert.

Alle diese Tatsachen, zu denen noch Hunderte von analogen hinzugefügt werden können, weisen mit vollster Klarheit darauf hin, daß bei den Hummeln keine gemeinsame Arbeit zu finden ist, in dem Sinne wie es die Autoren verstehen, welche die Erscheinung der gegenseitigen Hilfeleistung bei den Hummeln und anderen gesellig lebenden Insekten beschrieben haben. In Wirklichkeit unterscheidet sich diese ihre „gemeinsame“ Arbeit in keiner Weise von der Arbeit solitärer Arthropoden, selbst derartig typisch solitärer, wie es die Spinnen sind.

In meiner Arbeit „L'industrie des Arancina“ habe ich auf die Bauten nistender *Attus cupreus* Th. hingewiesen. Bei diesen Spinnen richtet eine jede ihr besonderes Nest ein (Fig. 115, N 1, 2, 3, 4), und zwar genau nach demselben „Plane“, den die Spinnen auch dann befolgen, wenn eine Anzahl zusammen nistender über allen Nestern noch ein

gemeinsames schützendes Plättchen aus Spinnweben anbringt (Fig. 115, k), an dessen Anfertigung alle Eigentümer der an der betreffenden Stelle gelegenen Nester teilnehmen. Indem ich eine derartige Erscheinung der „Mitarbeiterschaft“ bei den Spinnen in ihrem gemeinschaftlichen Leben erstmals beschrieb, wies ich nach, daß ein solches Schutzplättchen, trotz seines zweifellosen Nutzens, dennoch ohne die geringste Spur von einem Verständnis für diesen Nutzen angelegt wird. Die gemeinschaftliche Arbeit der Hummeln bei der Einrichtung und Ausbesserung des Nestes unterscheidet sich in Bezug auf den Charakter und die psychologische Bedeutung der Arbeit jedes einzelnen Individuums durchaus nicht von dem, was wir in der Arbeit einer zufälligen Ansammlung von Spinnen beobachten; indem sie an einem Werke arbeitet, welches schließlich nicht allein eine individuelle, sondern auch eine „soziale“ Bedeutung erhält, arbeitet eine jede Hummel eigentlich nur für sich selbst, ohne jegliche Beziehung zu anderen Beweggründen.

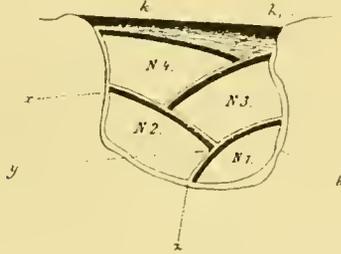


Fig. 115.

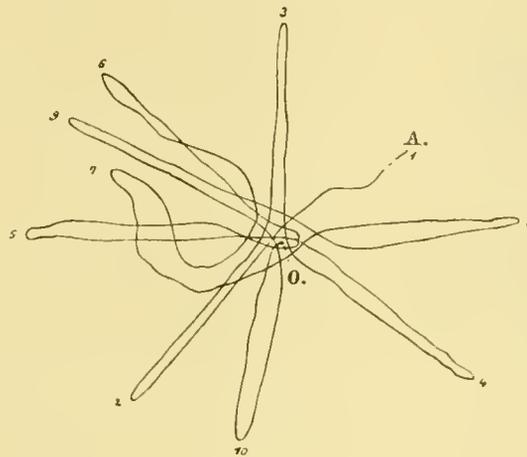


Fig. 116.

Ist eine Hummel mit der Ausbesserung des Nestes allein und in vollkommener Ruhe beschäftigt, so bestehen ihre Bewegungen, welche auf der Fig. 116 ganz genau wiedergegeben sind, in folgendem. Die Zeichnung wurde in dem Momente begonnen, als die Hummel sich auf dem Punkte A befand. Von da aus kroch sie rasch zum Punkte 0; von hier aus begab sie sich zu dem Platze, wo die Ziffer 2 steht, indem sie auf dem ganzen Wege vegetabilisches Material des Nestes unter sich scharfte, wie dies weiter oben beschrieben wurde. Von dem Punkte 2 ging die Hummel wiederum zu dem Punkte 0, von hier nach 3 u. s. w., wie dies auf Fig. 116 abgebildet ist. So ungefähr sehen die während der Reparatur des Nestes ausgeführten Bewegungen aus, wenn die Hummel allein, ungestört und mit vollständiger Ruhe arbeitet. Die Bedeutung dieser Bewegungen ist vollkommen klar und ihr erblich fixierter Plan sehr einfach: nachdem die Hummel durch das Licht an diejenige Stelle gerufen worden ist, wo die Ausbesserung erfolgen soll, und diese Stelle als Mittelpunkt angenommen hat, geht sie von diesem Mittelpunkte radiär nach allen Seiten und rollt Gegenstände, die sich leicht vom Platze bewegen lassen, nach dem zentral gelegenen Punkte hin. Auf diese Art wird der Zweck der Arbeiten eines Individuums auf die allerbeste Weise erreicht.

Anders verläuft jedoch die Sache, wenn es der arbeitenden Hummeln sehr viele sind

und wenn sie, sich gegenseitig in Aufregung setzend (Psychologie der Menge), sich stoßend und hastend ein und dieselbe Arbeit durch gleichzeitige Bemühungen vieler ausführen. Sie irren sich fortwährend, beendigen das Angefangene nicht, beginnen die Arbeit von neuem an einer anderen Stelle, beendigen sie wiederum nicht, fangen sie an einer dritten Stelle an etc. etc. etc. So kommt es, daß wenn man das Verhältnis der von der einzelnen Hummel aufgewandten Mühe zu dem erzielten Resultate mit 3:1 annimmt, bei Ausführung des gleichen Werkes durch gemeinsame Arbeit dieses Verhältnis mit 9:1 angegeben werden muß. Die „gemeinsame“ Arbeit, wobei die einzelnen Glieder der Familie sich gegenseitig „Hilfe“ leisten, ergibt nicht nur keine Beschleunigung in der Erzielung der Resultate, sondern sie verlangsamt dieselbe sogar in beträchtlicher Weise. Aus dem, was oben über die Bedeutung und den Sinn der geselligen Arbeit der Hummeln gesagt wurde, begreift man in klarster Weise, woher sich dieses so verhält: die Arbeit der einen Hummel wird durch eine andere fortwährend verändert, dann durch eine dritte u. s. w.; „aus den Händen der letzten“ geht sie demnach anders hervor, als wenn sie so geblieben wäre, wie sie von der ersten Hummel ausgeführt wurde; die Tatsache selbst eines solchen umgekehrten Verhältnisses der kollektiven Arbeit zur Einzelarbeit ist, im Hinblick auf den Zeitgewinn und die Summe des zustande Gebrachten, äußerst lehrreich. Argumentiert man ad hominem (und die Tätigkeit sozialer Insekten wird ja meistens in dieser Weise abgeschätzt), so erscheint ein solches Verhalten unbegreiflich. Wenn ein Pferd in einer Zeiteinheit 100 Kilogramm um 1 Meter fortbewegt, so bewegen zwei Pferde in derselben Zeiteinheit unter gleichen Bedingungen dieselbe Last um 2 Meter, und man sollte meinen, daß wir bei den Hummeln ein analoges Verhalten finden müßten. Hier zeigt sich aber gerade das Gegenteil: je größer die Zahl der arbeitenden Individuen und je mehr dieselben einander helfen, desto langsamer geht, bis zu gewissen Grenzen und relativ gesprochen, die Arbeit vor sich. Aber wir kennen jetzt die Ursache dieser seltsamen Erscheinung.

Kapitel V.

Über den „gemeinsamen“ Angriff und die „gemeinsame“ Verteidigung der Familie in der Gefahr (Massenbewegungen).

Bei der Selbstverteidigung und der Verteidigung ihres Nestes verfahren die Hummeln nach zweierlei streng voneinander zu unterscheidenden Methoden. Im einen Falle liegt klar am Tage, daß dabei jegliche gegenseitige Hilfeleistung fehlt. Im anderen findet eine solche, wenigstens auf den ersten Blick, ebenso zweifellos statt; sind doch Fälle verzeichnet worden, wo Individuen von *Bombus lapidarius* sich so einmütig und in solcher Masse auf erwachsene, ihre Waben bedrohende Menschen stürzten, daß diesen nichts anderes übrig blieb, als ihr Heil in der Flucht zu suchen.

Ich beginne mit der Darstellung derjenigen Fälle, in denen die sich verteidigenden Hummeln selbständig handeln, und gebe zunächst eine Beobachtung mit denselben Worten wieder, mit denen ich sie in mein Notizbuch eingetragen habe.

Bei Sonnenuntergang geriet eine Hummel von *Bombus hortorum* in ein Nest von *Bombus lapidarius*; sie hielt sich daselbst abseits, kroch unter eine Wabe, als sie aber später

wieder zum Vorschein kam, wurde sie sofort von einer der Insassinnen des Nestes angegriffen. Dieser Angriff war jedoch mehr hastig als ernst gemeint, sie trieben sich zwischen den Blättchen herum, zuerst summt der Fremdling, dann die angreifende Hummel, und alles beruhigte sich wieder. Hier wie in ähnlichen Fällen war von einer gemeinsamen Verteidigung des Nestes durch die Hummeln keine Rede: zuerst macht sich die eine zu schaffen und geht darauf davon, später eine andere, wenn sie zufällig ebendahin gerät, und das Spiel geht von neuem los.

Mit besonderer Deutlichkeit tritt die Hilflosigkeit der Hummeln, die aus dem Fehlen gegenseitiger Hilfeleistung bei der Verteidigung des Nestes resultiert, auch in der Geschichte ihrer sehr umfangreichen und mannigfaltigen Beziehungen zu den Parasiten zutage, deren es in den Hummelnestern unzählige gibt.

So kommt es zum Beispiel vor, daß eine Hummel mit einer ungewohnten Last langsam vom Felde in das Nest zurückkehrt: an ihrem Rüssel, fest mit Hilfe der Kiefer angeklammert, sitzt ein Käferchen, *Antherophagus nigricornis* Fabr. (Fig. 117), das übrigens, wie hier bemerkt werden mag, regelmäßig auf solche Weise in das Nest gelangt. Die Hummel scheint offenbar, wenn nicht Schmerz, so doch bedeutendes Unbehagen zu empfinden; sie kriecht auf den Waben des Nestes herum, streckt den Rüssel hervor, macht eine Reihe von Bewegungen, um die Bürde abzuwerfen, jedoch alles umsonst. Es bewegen sich Hummeln an ihr vorbei, welche sie „zärtlich“ mit ihren Antennen befühlen und sodann vorbeigehen: nicht die geringste Spur einer dem „Kameraden“ geleisteten Hilfe, nicht der geringste Versuch, bei der Verteidigung gegen den gefährlichen Feind Unterstützung angedeihen zu lassen. Und gefährlich ist er in der Tat, denn aus den von dem Käfer abgelegten Eiern schlüpfen Larven aus, die enorme Verwüstungen im Neste anrichten werden, indem sie sowohl das Wachs wie auch die Kokons vernichten.

Noch deutlicher geht das vollständige Fehlen einer Hilfeleistung gegen Parasiten aus folgendem hervor. Die Raupen der Bienenmotte (*Galleria melonella*) zerstören das Nest der Hummeln bis auf den letzten Rest und machen schließlich die erwachsenen Hummeln zu Krüppeln, indem sie die Härchen, die ihren Körper bedecken, abreißen. Eine Ansammlung solcher Raupen trägt stets den Sieg über den „Staat“ der Hummel davon, ungeachtet der furchtbaren Bewaffnung der „Bürger dieses Staates“. Die Erklärung dieser Erscheinung ist wiederum darin zu suchen, daß die Hummeln weder zu gemeinsamer Arbeit, noch zu gemeinsamer Verteidigung und gemeinsamem Angriff befähigt sind. Wären die Hummeln imstande, einander Hilfe zu leisten, so könnten sie die Raupen nicht nur beim Beginn ihrer Tätigkeit, sondern zu jeder beliebigen Zeit ohne weiteres vernichten.

Der solitäre Charakter der Verteidigung tritt auch im typischen Verhalten der einzelnen Hummel zutage. Die Behauptung, die Hummeln ertrügen alles Ungemach „sans jamais songer à défendre leur demeure, ni tourner leur colère contre celui qui vient les tourmenter“ (Pérez), ist unbedingt unrichtig. Diesen Irrtum wiederholen die Autoren nach



Fig. 117.

Réaumur, und er läßt sich dadurch erklären, daß die Hummeln viel lieber zu der Verteidigung ohne Angriff schreiten, indem sie an Ort und Stelle bleiben, statt aktiv vorzugehen. Indem ich mich auf Réaumur verließ, welcher kategorisch erklärt, daß „il n'y en a jamais eu un seul qui m'ait piqué, quoique j'aie mis sens dessus dessous des centaines de nids“, habe ich mehr als einmal schwer für mein Vertrauen büßen müssen. E. Hoffer hat vollständig recht, indem er behauptet, daß die Hummeln sich nicht nur bei der Zerstörung ihres Nestes verteidigen, sondern auch zum Angriffe übergehen, besonders wenn das Volk zahlreich ist.

Den Umstand, daß die Hummeln selten stechen, erklärt Pérez dadurch, daß bei der Lage ihres Stachels Stiche nur in ganz bestimmter Richtung, und zwar von unten nach oben ausgeführt werden können, weswegen einige Zeit erforderlich ist, um die gewünschte Lage einzunehmen. Diese Erklärung ist meiner Ansicht nach eine recht mißlungene, indem die Sache so dargestellt wird, als wären die Verwundungen durch Hummeln aus dem Grunde selten, weil die Lage ihres Stachels nicht zweckmäßig ist. Die Lage ihres Stachels ist im Gegenteile bemerkenswert vollkommen an diejenige Art der Verteidigung angepaßt, welche sie am häufigsten anzuwenden gezwungen sind, d. h. an ihre typische nicht aktive Verteidigung: nicht den Angriff, sondern die passive Einzelverteidigung.

Da sich das Nest der Hummeln auf der Erde (oderunter derselben) befindet, so läßt sich dasselbe natürlich am besten nicht etwa von oben und nicht von der Seite aus, sondern gerade von unten nach oben verteidigen. Aus diesem Grunde strömen



Fig. 118.

die Hummeln bei der ersten Beunruhigung aus dem Neste und lagern sich auf demselben, wobei sie lautlos und bewegungslos auf dem Rücken daliegen, wie dies auf Fig. 118 abgebildet ist, und zwar mit weit ausgebreitetem hinterem und mittlerem Beinpaare, welche sich an den Punkten a, b, c, d auf das Nest stützen, wie dies auf der Zeichnung angegeben ist, das vordere Beinpaar an den Körper angepreßt und das Abdomen in derjenigen Lage haltend, bei welcher der Stich nach allen Seiten hin ausgeführt werden kann und zwar mit erstaunenswerter Kunstfertigkeit. Das kleine Nest der Hummeln stellt in diesem Augenblick eine wohlverteidigte, von lebenden Bajonetten dicht besäte Festung dar. Solche Hummelnester konnte ich nur so nach Hause tragen, daß ich irgend einen Gegenstand von unten her unter das Nest schob; von oben her bedeckte ich es mit einem Tuche, damit die Hummeln unterwegs nicht fortfliegen konnten. Den Finger einem solchen Tuche nähern, bedeutet so viel als mit Sicherheit gestochen zu werden. — Die Lage des Hummelkörpers, welcher fest und beharrlich auf den Punkten a, b, c, d ruht, die gewandten und raschen Bewegungen des Abdomens stempeln diese Verteidigungsweise der Hummeln zu einer wahrhaft idealen.

Der auf die Verteidigung des Nestes gerichtete Instinkt kann bei den Hummeln bereits am ersten Tage ihres Lebens beobachtet werden. Er tritt zu dieser Zeit in seinen beiden typischen Formen zu Tage: dem warnenden Summen, wenn die Beunruhigung nicht groß war, und dem Einnehmen einer defensiven Stellung zur Einzelverteidigung des Nestes, wenn die Beunruhigung bedeutend war.

Das warnende Summen klingt sehr drohend, namentlich wenn das Volk zahlreich ist. Mehr als einmal habe ich Hummeln während einer derartigen Beunruhigung beobachten

können. Die einen Hummeln summen, indem sie sich auf ihren Beinen erheben und auf der Stelle bleiben, andere laufen unruhig umher, indem sie fortwährend ihre Flügel bewegen. Wenn auch dieses warnende Summen in einzelnen Fällen statt Nutzen zu bringen sich als schädlich erweist, indem es Feinden die Anwesenheit der Hummeln verrät, so kann man doch keinen Augenblick daran zweifeln, daß in der Mehrzahl von Fällen das Summen Nutzen bringt, da anderenfalls diese instinktive Methode der Selbstverteidigung nicht durch die Auslese fixiert worden wäre.

Neben der soeben beschriebenen solitären Verteidigungsart der Hummeln gibt es zweitens eine „gemeinschaftliche“ Verteidigung und einen „gemeinschaftlichen“ Angriff.

Man kann dieselbe dadurch hervorrufen, daß man etwas Honig in den Beobachtungszwinger tut. Fliegt eine Hummel auf diesen Honig, und man verjagt dieselbe, so wird sie etwas „gereizt“ in der Nähe umherfliegen. Die Aufregung wächst im direkten Verhältnis zu der Zahl der auf dem Honig befindlichen Individuen der Hummel-„Familie“, in deren Stock der Honig angebracht wurde, und kann zuletzt in einen offenen Angriff übergehen. — An diesem einfachen Versuche kann man den Übergang von der Tätigkeit der einzelnen Hummel zu dem „gemeinsamen Handeln der Familie“ in genauer Aufeinanderfolge beobachten.

Hier tritt also, wie wir sofort näher auseinandersetzen werden, ein neuer Faktor in die Rechnung ein: die Masse. Und wir müssen uns klar werden, ob dieses Massenverhalten, der Massenangriff der „sozialen“ Insekten dasselbe darstellt, was wir bei Massenangriffen höherer Säugetiere sehen, oder etwas anderes?

Die Autoren nehmen an, 1) daß Massenbewegungen zum Zweck der Verteidigung und des Angriffs unter den wirbellosen Tieren nur bei den „sozialen“ Insekten beobachtet werden, 2) daß diese Bewegungen der „sozialen“ Insekten nur bei der Verteidigung und dem Angriffe zu Tage treten, endlich 3) daß diese Bewegungen typisch soziale Erscheinungen darstellen, welche durch das Gefühl des Altruismus und der gegenseitigen Hilfeleistung zwischen den einzelnen Gliedern der Masse hervorgerufen werden, oder mit anderen Worten: daß die Massenbewegungen, welche bei den sozialen Insekten beobachtet werden, nach ihrer psychologischen und biologischen Bedeutung mit den Massenbewegungen in der menschlichen Gesellschaft übereinstimmen. Aus diesem Grunde bleibt die Rolle der Masse, als ein Faktor, welcher in Abhängigkeit von ihrem Umfange geeignet ist, die Energie der die Masse zusammensetzenden Individuen (in bedeutenderem oder geringerem Grade) zu heben, in den meisten Fällen ohne Erklärung. So weist zum Beispiel Friese, indem er von derartigen Bewegungen bei den Bienen spricht, darauf hin, daß „ihre Masse ihnen den Mut gab“, ohne des näheren zu untersuchen, warum sich dieses so verhält, und was dieser „Mut“ bedeutet. In den Fällen aber, wo die Autoren eine Erklärung versuchen, liefern sie doch in Wirklichkeit weiter nichts, als ausführliche Beschreibungen der Erscheinung; solche Beschreibungen aber führen den Leser in einen Kreis von Ungründlichkeiten hinein, etwa so mystisch, als wenn von den Verdiensten der Bienen um die Korrektur von Logarithmentafeln die Rede wäre.

Ein starkes Bienenvolk, so lesen wir zum Beispiel in einer derartigen Beschreibung, fällt über ein schwaches Volk her, um es zu berauben, tötet bisweilen die Königin und be-

ginnt zu wirtschaften, als wäre es bei sich zu Hause. Hieraus ergibt sich die Vorstellung, als handele es sich nicht etwa um die Tätigkeit von Insekten, sondern um eine solche von mit höchstem Verstand begabten Geschöpfen, welche „gleich kleinen Bismarcks und Moltkes — nachdem sie ihre Stärke weise geprüft und mit derjenigen des Gegners verglichen haben und zu der Überzeugung gelangt sind, daß ihr Staat demjenigen des Nachbars an Stärke überlegen ist — einsehen, daß sie mit Aussicht auf Erfolg den letzteren angreifen, seine Vorräte annektieren und deren Beschützer töten können“, wie in den anekdotenhaften Erzählungen zu lesen ist, welche Romanes unter dem Titel „Animal Intelligence“ (siehe die französische Ausgabe von Varigny „L'évolution mentale chez les animaux, 1884) zusammengestellt hat.

Eine ganz ähnliche „Erklärung“ finden wir auch in Bezug auf die Bedeutung und Rolle der „Masse“ im Ameisenstaate. So schreibt Forel unter anderem folgendes:¹

„Der Mut einer jeden Ameise wächst im Verhältnis zu der Anzahl ihrer Kameraden oder Freunde und verringert sich ebenso in dem Maße, als sie isoliert ist. Eine Ameise aus einem individuenreichen Ameisenneste ist viel kühner als eine solche, welche in einem an Individuen armen Neste lebt.

Dieselbe Ameisenarbeiterin, welche inmitten ihrer Genossinnen sich nicht davor fürchtet zehn Mal getötet zu werden, erweist sich, wenn sie allein und 20 Schritte von ihrem Neste entfernt ist, als feige, vermeidet die geringste Gefahr und wird sich auch vor einer ihr an Kräften bedeutend nachstehenden Ameise durch Flucht zu retten suchen.“

Hier begegnen wir sowohl „Kameraden“, als auch „Freunden“, der Bereitwilligkeit zu sterben und allerhand Ungereimtheiten der anthropomorphistischen Anschauungsweise, welche nicht nur selbst keine Erklärungen gibt, sondern systematisch alle wissenschaftlichen Erklärungen unmöglich macht: mit ebensoviel Berechtigung und Grund, wie Forel behauptet, den Ameisen wäre der Gedanke an den Tod zugänglich, könnte dieser Autor auch behaupten, ihnen wären die literarischen Produkte Shakespeares bekannt! Jedenfalls halte ich es nicht für notwendig, derartige Betrachtungen überhaupt zu diskutieren. Analogisierung der Handlungen einer Ameise mit denjenigen der Menschen kann nun und nimmer eine Erklärung sein.

Es ist ja nicht schwer nachzuweisen, daß alle diese Ansichten der Autoren gleich weit entfernt von der Wahrheit sind. Tatsachen liefern nämlich den Beweis: 1) daß Massenbewegungen nicht nur bei den sozialen, sondern auch bei solitären Insekten beobachtet werden; 2) daß die Wirkung der Masse auf die Hummeln (und zweifellos auch auf alle sozialen Insekten) sich durchaus nicht auf Fälle des Angriffs und der Verteidigung beschränkt und 3) daß diese Bewegungen bei den Hummeln (u. a. sozialen Insekten) keinerlei Elemente der Geselligkeit aufweisen, während der psychologische und biologische Sinn der Bewegungen sehr weit von dem entfernt ist, den die Massenhandlungen der menschlichen und tierischen Gesellschaften aller Stufen enthalten.

Ich beginne mit den Massenbewegungen solitärer Tiere. Solche kommen bei einsam lebenden Bienen (z. B. bei *Andrena*), wie auch bei vielen anderen zwar einsam lebenden, aber gelegentlich an irgend einem Orte versammelten Insekten zur Beobachtung, so zum Beispiel bei einigen Musciden, Östriden u. a. m., die bekanntlich um so zudringlicher oder, in der Terminologie des Anthropomorphismus, um so „furchtloser“ sind, je

¹ Anm. d. Übersetzers: In freier Wiedergabe nach dem russischen Text, wie auch viele der übrigen Zitate.

mehr ihrer sind. Dieselbe Beobachtung machen wir ferner bei Mücken, Schmetterlingen, Käfern u. s. w., desgleichen bei einsam lebenden Wirbeltieren: Fischen, Vögeln und Säugtieren. Diese Tatsachen wurden bisher teils wenig berücksichtigt, teils gänzlich ignoriert: als Alfken an v. Buttell-Reepen über einen Fall massenhaften Angriffs seitens solitärer Bienen Mitteilung machte, fiel dieses Ereignis so völlig aus dem Rahmen des über Massenbewegung der Insekten bekannt gewordenen heraus, daß v. Buttell-Reepen sich genötigt sah, eine ganz besondere Erklärung für die von Alfken mitgeteilte Tatsache zu geben; nämlich folgende:

„Wir sehen hier also einen Reflex in die Erscheinung treten, der nur zur Auslösung gelangt, wenn ganz bestimmte andere Reize mitwirken, und zwar Reize, die nur der Vergesellschaftung entspringen. Wie diese Coexistenzfähigkeit sich phylogenetisch entwickelt haben mag, ist schwer auszudenken. Im Wesen finden wir aber dieselbe Erscheinung bei den höchststehenden Bienen und durch alle Tiere bis zum Menschen hinauf.¹

Die von Alfken mitgeteilte Beobachtung bestand darin, daß solitäre Bienen der Art *Anthophora parietina* F. sich ungehindert auf ihren Nestern fangen ließen; als aber der Beobachter es versuchte, dieselben Bienen auf ihrem Wege nach dem Bache, wohin sie in großen „Mengen“ flogen, mit dem Netz zu fangen, so stürzten sich die Bienen mit solcher Energie auf ihn, daß er fliehen mußte. — In dieser Beobachtung, welche ohne irgend eine Schlußfolgerung mitgeteilt wurde, ist jede Einzelheit lehrreich. Der Massenangriff wurde durch solitäre Insekten ausgeführt; hieraus folgt erstens, daß die Ursachen, welche die Massenbewegungen der sogenannten sozialen Insekten hervorrufen, durchaus weder „der freundschaftlichen Gefühle“ der Angreifer, noch der „Liebe zum Nächsten und des Patriotismus“ der Bienen, noch endlich irgend welcher anderen imaginären und durch nichts bewiesenen, erhabenen Gefühle dieser Insekten zu ihrer Erklärung bedürfen, sondern daß sie auf viel allgemeineren, sowohl den „sozialen“ wie auch den einsam lebenden Tieren eigentümlichen Erscheinungen beruhen. Aus derselben Tatsache geht zweitens hervor, daß die Energie des „Angriffs“ und der „Verteidigung“ eines Individuums in keiner Beziehung steht zu dem auf unbekannte Weise von dem Individuum zu erfassenden Zugehörigkeitsgefühl zu einer zahlreichen oder nicht zahlreichen Gesellschaft, sondern vielmehr eine Folge der im gegebenen Momente wirkenden Faktoren darstellt, nämlich der Anzahl anwesender Individuen und sonstiger Verhältnisse.

Beachtenswert ist auch, daß die *Anthophora*-Bienen ihren Angriff nicht dort ausgeführt haben, wo dies im Sinne menschlicher Logik hätte geschehen sollen, d. h. nicht auf den Nestern, sondern gerade da, wo es keinerlei Sinn hatte: bei dem Zurückfliegen vom Bache zum Nest. Dies geschah offenbar aus dem Grunde, weil diese Bienen als solitäre Insekten auf ihren Nestern nicht mit solchen Mitteln aufeinander einwirken konnten, wie sie auf gemeinschaftlichen Flügen zur Geltung kommen. Der Autor erwähnt nichts darüber, wann die Bewegung dieser Bienen energischer vor sich ging, — als sie sich auf dem Neste hielten oder als sie in Massen zum Bache flogen? Ziehen wir jedoch in Betracht, daß sie bei den Nestern nicht nur den Beobachter nicht angriffen, sondern sogar seiner Tätigkeit keinerlei Widerstand entgegensetzten, so werden wir wohl kaum einen Fehler begehen, wenn wir behaupten, daß die Aktivität der massenweise

¹ Biolog. Zentralblatt 1903, No. 1.

fliegenden Bienen mehr Energie aufwies, als diejenige der bei dem Neste zurückgebliebenen. Das Fliegen der Bienen in Massen und ihre physische Einwirkung aufeinander bildete offenbar die Quelle jener unbestimmbaren nervösen Erregung, welche lange Zeit hindurch gegen nichts gerichtet war, später jedoch unter der Einwirkung eines von außen her erhaltenen Reizes plötzlich einen bestimmten Charakter und eine bestimmte Richtung annahm und eine Reihe völlig nutz- und sinnloser Handlungen hervorrief, die jedoch in Anbetracht dessen, was über die Eigenschaft dieses nervösen Prozesses gesagt wurde, vollständig natürlich erscheinen.

Dies ist die Bedeutung der Tatsachen, welche v. Buttel-Reepen durch Alfken mitgeteilt wurden. Sie stellen keine Ausnahme von der Regel dar und bedürfen aus diesem Grunde gar keiner speziellen Aufklärung, wie v. Buttel-Reepen meint; sondern sie unterliegen den gleichen Regeln, wie ähnliche Handlungen bei den gesellig lebenden Insekten.

So finden wir bei Hummeln eine Erscheinung, die der soeben beschriebenen vollständig analog ist. Wird deren Nest zerstört, so fliegen wohl einige von ihnen auf den Störer ihrer Ruhe zu, und zwar fliegen sie um so energischer und „mutiger“, je mehr es ihrer sind und mit je brüskerem Bewegungen die Störung ihrer Ruhe erfolgt. Individuen dagegen (und bisweilen sind das ziemlich viele), die sich vom ersten Augenblicke an auf den Rücken legen und, das Abdomen emporgestreckt, den Feind erwarten, um ihn mit ihrem Stachel zu treffen, verbleiben in dieser Stellung sehr lange Zeit: niemand von den Gliedern der „Familie“ wirkt auf sie ein. Es braucht aber nur irgend eine Hummel, indem sie auf dem Neste herumläuft oder über dasselbe hinwegfliegt, auf einen dieser den Feind erwartenden Wächter zu treffen, und denselben zufällig zu berühren, so tritt ein „Zusammenstoß“ ein, und beide fliegen davon, um anzugreifen und zu verteidigen.

Hier offenbart sich meiner Ansicht nach das Wesen und die psychologische Grundlage der massenweisen Bewegung bei Hummeln: ein gegenseitiges Anstoßen während des Fliegens oder Kriechens, das plötzliche Erscheinen eines Gegenstandes vor den Augen, eine unbestimmte Serie empfangener Eindrücke von Reizen der Gehörorgane, wenn solche vorhanden sind, und wenn nicht, der sie ersetzenden Organe, bisweilen auch der Geruchsorgane — alles dies erzeugt den Zustand einer allgemeinen, unbestimmten Nervenerregung. Aus solcher Erregung aber können in jedem gegebenen Momente „Massen“-Bewegungen hervorgehen, die gegen irgend ein mit den betreffenden zeitlichen und örtlichen Bedingungen zusammenhängendes Ziel gerichtet sind.

„Unbestimmt“ ist diese Erregung deshalb, weil sie durch Einwirkungen der Umgebung bedingt wird, von denen keine einzige für sich eine bestimmte Reaktion hervorruft, wie zum Beispiel das Zusammenstoßen zweier Hummeln miteinander, während sie auf den Waben des Nestes herumkriechen.

Jedes gegebene Individuum in der gemeinsam handelnden Masse reagiert demnach auf zweierlei Reize: auf die Einwirkung eines bestimmten Faktors der Umgebung (oder eines inneren Impulses) plus einer größeren oder geringeren Zahl von Reizen, die aus gleichzeitig an einer Stelle ausgeführten gleichgearteten Handlungen von Individuen ein und derselben Art und bisweilen auch verschiedener Arten resultieren.

Von diesem Standpunkte aus ergibt sich von selbst, daß, wenn das über die Wirkung der Masse auf das Individuum Gesagte richtig ist, diese Wirkung sich durchaus nicht allein

bei der Verteidigung und dem Angriff, sondern überhaupt bei jeder Art von Tätigkeit der Hummeln geltend machen muß; und ebenso auch bei anderen Insekten, soweit diese befähigt sind, die zur Hervorrufung einer unbestimmten Nervenerregung notwendige Wirkung aufeinander auszuüben. Folgende Tatsachen bestätigen diese Schlußfolgerung; zugleich decken sie die Quelle der Irrtümer bei denjenigen Autoren auf, die die Fähigkeit der Insekten, eine unbestimmte Nervenerregung hervorzurufen, übersehen und die Wirkung der Masse nur bei der Verteidigung und dem Angriff angenommen haben.

Wenn eine Hummel allein mit der Ausbesserung des Nestes beschäftigt ist, so erscheint ihre Tätigkeit, obwohl wie stets geschäftig, doch wenig energisch und intensiv. Kaum hat sich jedoch der ersten Hummel eine zweite angeschlossen, so nimmt bei gleichen sonstigen Bedingungen die Energie der Arbeit zu und wächst bei jedem neu hinzutretenden Mitarbeiter mit voller Augenscheinlichkeit. — Ganz dieselbe Erscheinung habe ich auch bei Grabwespen beobachtet.

Die Masse übt ihre Wirkung auch auf das „Bebrüten“ der Kokons und Larvenzellen aus. Die Quelle dieses Instinktes liegt bei den Hummeln, wie ich dies schon weiter oben erwähnt habe, in dem organischen Bedürfnisse, eine gewisse Tätigkeit mit dem Abdomen zu produzieren. Ungeachtet dieser Herkunft sehen wir nun, daß die Energie der Tätigkeit von der „Masse“ abhängt: Sind viele Brüterinnen vorhanden, so schmiegen sie sich noch näher an die Kokons an, indem sie sich ganz flach auf denselben ausbreiten und die Beine fächerartig nach allen Seiten hin ausstrecken; selbst dann, wenn sie sich von einer Stelle nach einer anderen begeben, sind sie bemüht, ihr Abdomen nicht aus dem Kontakt mit den Zellen zu bringen. Alle diese Bewegungen werden auch bei einer geringeren Anzahl anwesender Hummeln ausgeführt, allein in anderer Weise und weniger intensiv.

Die Masse übt einen Einfluß auch auf die übrigen Arbeiten im Neste aus, wie die Instandhaltung (Reinigung), den Abflug nach Nahrung, die Unterbringung der letzteren in die betreffenden Teile des Nestes u. s. w. Hierdurch wird unter anderem auch die Tatsache erklärt, daß eine zahlreiche „Familie“ von Hummeln infolge der angestregten Tätigkeit der sie ausmachenden Individuen und der entwickelten Energie und Bewegung noch zahlreicher erscheint, als sie es in Wirklichkeit ist, und eine individuenarme noch ärmer.

Aus unseren Darlegungen ergibt sich auch, daß die Ansicht derjenigen Autoren als ein Irrtum anzusehen ist, welche angeben, eine „Gemeinde“ oder ein „Staat“ sozialer Insekten mit $2n$, $3n$, $4n$ u. s. w. Individuen werde um 2, 3, 4 etc. mal energischer angreifen und sich verteidigen, als ein Staat von n Individuen; und dies gelte nicht nur für die Gemeinden und Staaten als Ganzes, sondern auch bei jedem einzelnen Individuum ihres Bestandes, so daß also ein Individuum aus einer Gemeinde von $4n$ Gliedern um 4 mal kühner und energischer wäre als ein Individuum aus einer Gemeinde von n Gliedern.

Meine Untersuchungen zeigen dagegen auf das bestimmteste, daß die Energie des Angriffs und der Verteidigung bei den Hummeln nicht von der Menge der Glieder der „Familie“, zu welcher das betreffende Individuum gehört, abhängig ist, wie dies von den Autoren angenommen wird, sondern vielmehr — bei im übrigen gleichen Bedingungen — von der Größe der zu einer betreffenden Zeit an dem betreffenden Orte anwesenden Menge, was natürlich nicht ein und dasselbe ist. Eine einzelne Hummel oder eine kleine Anzahl von solchen greift niemals an, wie groß das Nest auch sein möge, zu welchem

sie gehören: ihre Verteidigung ist mehr passiver Natur: sie legen sich auf den Rücken und warten, bereit mit dem Stachel zu stechen. Andererseits bin ich mehr als einmal von Hummeln (*Bombus lapidarius*), deren Nester ich mich näherte, angegriffen worden, wenn die Zahl der auf dem Neste befindlichen oder in dessen Nähe herumfliegenden Hummeln sehr bedeutend war. Näherte ich mich dem gleichen Neste zu einer Zeit, wo auf dem Neste gar keine Hummeln saßen und in dessen Nähe nur zwei bis drei Arbeiterinnen herumflogen, so kam es vor, daß sie keinerlei Anzeichen feindseliger Stimmung an den Tag legten und überhaupt nicht angriffen.

Endlich erkennen wir, daß die Massenbewegungen der Hummeln (und anderer „sozialer“ Insekten) eine Erscheinung darstellen, die ihrer psychologischen und biologischen Bedeutung nach vollständig identisch ist mit den Massenbewegungen der einsam lebenden Insekten. Diese Identität wird durch folgende Belege festgestellt:

a) Beide entstehen infolge ausschließlich physischer Einwirkung der Individuen aufeinander.

b) Beide können auf mathematischem Wege berechnet werden, indem sie von der Anzahl im direkten Sinne dieses Wortes abhängig sind.

c) Diese wie jene (d. h. die Massenbewegungen der sozialen und der solitären Insekten) stellen im Leben der betreffenden Tiere nichts absolut Notwendiges dar: die Massenangriffe und -verteidigungen können bisweilen, wie wir gesehen haben, nutzlos sein, wie die oben beschriebenen Angriffe von *Andrena*; einzelne Individuen nehmen vielleicht kein einziges Mal in ihrem Leben an solchen Massenbewegungen teil, obwohl sie zu solchen befähigt sind.

Der ganze Unterschied zwischen beiden besteht nur darin, daß die „sozialen“ Insekten, indem sie miteinander leben, öfter physisch aufeinander einwirken können und daher häufiger zu „Massen“-Bewegungen bereit sind.

Zum Beschlusse des Themas über die Massenbewegungen der Insekten und die Einwirkung der Masse auf das Individuum überhaupt noch eine Bemerkung. So groß die Ähnlichkeit zwischen den Massenbewegungen der gesellig lebenden und denen der einsam lebenden Insekten ist, so bedeutend unterscheiden sich diese beiden von den analogen Bewegungen höherer Tiere. Dasjenige Merkmal, worauf dieser Unterschied in erster Linie beruht, ist die Befähigung der höheren Tiere zur Nachahmung: solche fehlt den Insekten unbedingt.¹

Kapitel VI.

Über die „gemeinsame“ Tätigkeit der Hummel-„Familie“ bei deren Übersiedelung von einem Orte nach einem anderen.

Die Übersiedelung ist bei den Hummeln stets die Folge einer Zerstörung ihres Nestes durch äußere oder innere Feinde (Parasiten); unter normalen Lebensbedingungen bleiben die Hummeln in dem Neste, welches sie einmal angefertigt haben.

¹ Die Frage über die verschiedenen Arten der Massentätigkeit innerhalb der Ansammlung, des Aggregates, der Herde und der Menge der menschlichen Gesellschaft erweist sich als so kompliziert, daß ich es nicht für möglich halte, dieselbe in vorliegender Abhandlung zu berühren, und ich verweise Diejenigen, die mit dieser Frage bekannt werden wollen, auf meinen Aufsatz „Die Biologie und Psychologie der Menge“ (russ.).

Die Übersiedelung kann bei den Hummeln auf zweierlei Weise erfolgen: entweder mit der Königin, wenn letztere am Leben geblieben ist, oder ohne Königin, wenn diese zu Grunde gegangen ist.

A. Die Übersiedelung ohne Königin.

Ich habe bereits oben erwähnt, daß die Hummelnester massenweise von Füchsen zerstört werden. In den meisten Fällen wird das Volk dabei in solchem Grade dezimiert, daß seine Lebenstätigkeit gänzlich aufhört. Sogar Ende Juli, wo der Schwarm am stärksten zu sein pflegt, kann man auf den Trümmern eines zerstörten Nests nur noch zwei bis drei herumirrende Individuen antreffen, die augenscheinlich nicht im Neste übernachtet hatten und erst nach der Katastrophe in dasselbe zurückgekommen waren. Es kommt jedoch auch vor, daß ein Hummelvolk nicht gänzlich vertilgt wird. In solchen Fällen kann der Fuchs am nächsten Tage wieder zu dem Neste zurückkehren, wie ich dies an einem Neste von *B. terrestris*, welches am 27. Juli von einem Fuchse teilweise zerstört worden war, beobachtet habe; dieses Nest fand ich am folgenden Tage vollends zerstört, und von seiner am Tage zuvor noch ziemlich zahlreichen Bevölkerung war nur eine einzige Arbeiterin übrig geblieben. — Kehrt jedoch der Fuchs, nachdem er ein Volk von Hummeln nur zum Teile vernichtet hat, nicht wieder zu dem Neste zurück, so machen sich die am Leben gebliebenen Hummeln an die Ausbesserung des Nests. Eine solche bietet ganz besonderes Interesse dar.

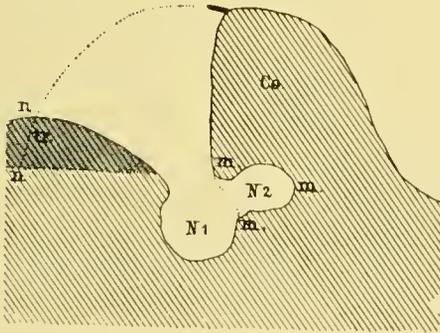


Fig. 119.

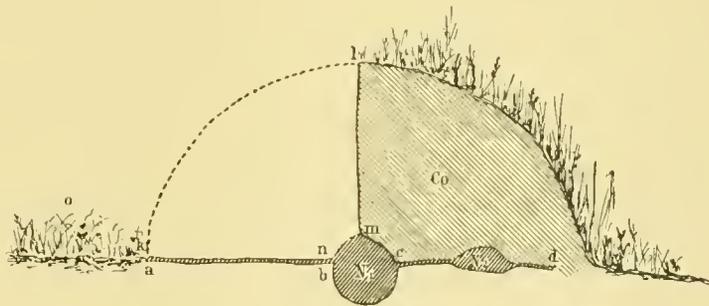


Fig. 120.

Auf der Fig. 119 ist ein Schnitt durch ein Nest im ursprünglichen Zustande und nach dessen Ausbesserung dargestellt. Das ursprüngliche Nest N_1 befand sich in dem Erdhümpel co , der von einem Fuchse teilweise, und zwar in der durch den Buchstaben n . bezeichneten Ausdehnung, zerwühlt worden war. Die am Leben gebliebenen Hummeln begannen das Nest zu reparieren. Sie sammelten das zerstreut herumliegende Baumaterial und brachten es nach der früheren Stelle, wo auch einige Stücke von Waben übrig geblieben waren, beschränkten sich jedoch nicht auf diese Arbeit: sie legten außerdem eine Vertiefung in der Erde ($m.m.m$) an, welche sie ganz mit demselben herbeigeschleppten Materiale anfüllten, so daß das Nest N_2 ein ganz neues Bild darbietet. Es waren nicht mehr eine, sondern zwei Höhlungen, N_1 und N_2 , vorhanden, welche beide mit einer ziemlich lockeren Masse vegetabilischen Materiales angefüllt waren. — Die neue Abteilung des Nestes hatten die Hummeln vor allem natürlich aus dem Grunde angelegt, weil das Licht, so schwach es auch sein

mochte, dennoch durch die das Nest bedeckende Schicht des herbeigetragenen Materiales zu den Waben hindurchdrang; darum ziehen sie sich in die Tiefe der Erde zurück, „um die Gefahr zu vermeiden“, vor welcher sie durch dieses in das Nest eindringende Licht gewarnt werden.

Ein anderer Fall von Übersiedelung wurde von mir durch Ausgraben eines Nestes von *Bombus lapidarius* in einem Hümpel (co) hervorgerufen, wie dies auf Fig. 120 dargestellt ist. Wir sehen hier folgendes Bild: co — derjenige Teil des Hümpels, welcher unberührt geblieben ist; k, l, m, n, — der von mir aufgegrabene Teil des Hümpels; N₁ — der Ort des früheren Nestes; ab — der Teil eines Mäuseloches, den die Hummeln früher als Flugloch benutzten; c—d — die Fortsetzung desselben Mäuseloches, welche von den Hummeln vor der Zerstörung ihres Nestes nicht benutzt worden war, und worin sie, nachdem sie dasselbe in geeigneter Weise erweitert hatten, ein neues Nest N₂ einrichteten, das etwas kleiner ist und eine etwas unregelmäßige Gestalt aufweist.

Solche neue Behausungen sind bezüglich ihrer Lage stets zufälliger Natur. Indem sie ihr altes Nest suchen, graben die Hummeln an verschiedenen Stellen des Hümpels; diejenige Vertiefung, in welcher sich hierbei die größte Anzahl von Individuen versammelt hat, dient nun der vergänglichen Kolonie zum Wohnort. Den Anziehungspunkt, welcher sie zeitweilig zusammenhält, bildet natürlich die Stelle des alten Nestes, zum Teile auch die Hummeln selbst: sie lassen sich dort nieder, wo sich ihrer am meisten ansammeln.

Es ist bisweilen schwierig, den Zusammenhang der ausgewanderten Hummeln mit dem ursprünglichen Neste festzustellen, und zwar dann, wenn das unterirdische Hummelnest nicht durch einen an der Oberfläche lebenden, sondern durch einen unterirdischen Feind zerstört worden ist. Die geringe Anzahl der am Leben gebliebenen Hummeln läßt sich ohne Weibchen irgendwo ganz in der Nähe des vernichteten Nestes nieder, allein es ist schwer, den Zusammenhang mit der Auswanderung festzustellen, da das alte Nest nicht zu sehen ist. Einmal, im Verlaufe langjähriger Beobachtungen, fand ich eine solche Kolonie eines Nestes von *Bombus lapidarius*. Dasselbe bestand aus trockenem Laub und befand sich am Fuße einer kleinen Gruppe junger Birken. Es enthielt 10—12 Arbeiterinnen ohne Weibchen; weder dicht daneben noch auch in der Nähe waren Spuren des zerstörten Nestes zu sehen. Erst nach genaueren Nachforschungen gelangte ich zu der Überzeugung, daß sich das ausgerottete Nest gleich hier in der Erde, unter den Wurzeln der Bäume befand, und daß die ausgewanderten Hummeln sich am Eingange in das alte Nest angesiedelt hatten.

Von den Übersiedelungen der Hummeln, welche oberirdische Nester bauen, habe ich bereits oben gesprochen (Fig. 51). In solchen Fällen kann stets unschwer bestimmt werden, von wo die betreffenden Auswanderer gekommen waren und wo sich das ursprüngliche Nest befand. Es ist augenscheinlich, daß die Lage solcher Ansiedelungen eine ebenso zufällige ist, wie diejenige der Ansiedelungen unterirdischer Nester. Den Vereinigungspunkt für die Hummeln bilden hier die Wabenstücke aus ihrem früheren Neste, oder wenn solche nicht vorhanden sind — das Material, welches sie mittelst des Geruchsvermögens als das „ihrige“ erkennen.

Die Hummeln, welche sich in solchen Ansiedelungen ohne Weibchen niedergelassen haben, beginnen ein besonderes Leben zu führen. Sie fliegen nach Nahrung aus und kehren mit Vorräten von Blütenstaub „nach Hause“ zurück, welchen sie jedoch von zu

Hause wieder zurück ins Freie tragen und dann wiederum nach Hause bringen. Wahrscheinlich bringen sie auch Vorräte von Honig mit, welchen sie dann selbst verzehren, da kein Ort vorhanden ist, wo sie ihre Beute hinlegen könnten. Hier tritt demnach das „Zusammenleben“ der Hummeln und gleichzeitig auch das „Einzelleben“ mit voller Augenscheinlichkeit zu Tage. Das Leben einer solchen Aussiedelung pflegt nicht von langer Dauer zu sein; sind die Bedingungen günstig, so leben die Hummeln bisweilen noch mehrere Monate, wobei sie beständig an Zahl abnehmen; bei ungünstigen Bedingungen gehen sie schon während der ersten Tage zu Grunde. Meist sterben sie in dem Neste selbst infolge von Entkräftung: bei ihren tagelang andauernden Nachforschungen nach dem alten Neste kommen sie ganz von Kräften und verlieren allmählich die Fähigkeit, nach Nahrung zu fliegen.

Der Untergang tritt um so rascher ein, je ungünstiger die Bedingungen für das Eintragen von Nahrung sind. Ich habe auf 5 lebende Individuen 12—15 tote angetroffen, nachdem drei Wochen seit der Zerstörung des Nestes verflossen waren. Versuchen wir aber, eine künstliche Übersiedelung ohne Weibchen aber mit den Waben zu veranlassen, so werden wir uns bald davon überzeugen, daß das Leben der Hummelarbeiterinnen seinen gewohnten Gang geht: sie fliegen in gleicher Weise nach der Tracht aus und kehren mit derselben zurück, verteidigen das Nest ebenso energisch, bessern dasselbe aus, „bebrüten“ die Kokons, ziehen die Brut auf, bauen neue Wachszellen, indem sie dazu alte zerstören, überbauen sie in der gewohnten Weise, d. h. so, daß oben nur eine winzige Öffnung bleibt, damit der Honig so wenig als möglich verdunstet, bewahren ihre Vorräte auf u. s. w.

Ich besaß ein solches Nest von *Bombus lapidarius*, welches nur aus 9 Arbeiterhummeln, einer Wabe und vier großen Honigtöpfen bestand, welche letztere stark beschädigt waren. Das Nest war offenbar von einem Feinde zerstört worden; die am Leben gebliebenen Hummeln versahen ihre Arbeit, als ob nichts vorgefallen wäre, und verteidigten ihr Nest unter anderem so energisch, daß Hummeln aus einem benachbarten starken Stocke, welche in ihren Zwinger nach Honig geflogen kamen, sofort wieder umkehrten.

Das weitere Schicksal solcher weiselosen Nester, welche einen Teil ihrer Waben behalten haben, hängt von dem Zeitpunkt ab, wann das Nest zerstört wurde und was für Larven in den Waben am Leben geblieben sind. Ist die Zerstörung des Nestes im Frühsommer erfolgt, und schlüpfen aus den Kokons kleine Arbeiterinnen oder Männchen aus, so beginnt die Familie zu zerfallen, und ihr Untergang steht nahe bevor. Ist dagegen die Zerstörung des Nestes zu einer Zeit erfolgt, wo sich unter den Arbeiterinnen große Individuen befanden, so kann es vorkommen, daß diese letzteren anfangen, Eier zu legen, und zwar liefern diese Eier nach Huber ausschließlich Männchen, nach Hoffer hingegen auch Weibchen.

Ich selbst habe weder das eine noch das andere beobachtet; die ihrer Weibchen beraubten Nester gingen meinen Beobachtungen nach stets zu Grunde, und zwar ebenso unweigerlich, wie zerstörte Völker unweigerlich ihr Nest wiederherstellen und eine neue Brut erzeugten, wenn das Weibchen unbeschädigt geblieben war, und zwar selbst dann, wenn das Nest absichtlich mehrere Male nacheinander zerstört und auf 5—6 Arbeitshummeln reduziert worden war.

Was die Ablage von Eiern, welche Männchen ergeben, durch die Arbeiterinnen betrifft, wodurch die Existenz des Nestes auf lange Zeit gesichert wird, so kann ich an dieser Tatsache nicht zweifeln, trotzdem ich selbst derartige Erscheinungen nicht beobachtet habe.

Dagegen aber muß ich den entschiedensten Zweifel an der Angabe aussprechen, daß die Hummelarbeiterinnen im stande wären, Eier zu legen, aus welchen sich Weibchen entwickeln, wie mir auch die Begründung selbst, worauf Hoffer seine Angaben aufbaut, nicht überzeugend erscheint. Nachstehend teile ich diese Begründung mit:

Am 20. Juli nahm der Autor ein Nest von *Bombus agrorum* mit nach Hause; dies geschah am Tage, so daß viele große und kleine Arbeiterinnen davonflogen; das Weibchen dagegen wurde mitgenommen. Als er am 12. September an dieselbe Stelle zurückkehrte, fand er dort ein neues Nest mit einer großen, von Larven angefüllten Wabe und eine ziemlich große Anzahl von Arbeiterinnen, Männchen und Weibchen. Hoffer vermutet, daß „unter normalen Bedingungen derartige Erscheinungen in Ausnahmefällen stattfinden, z. B. bei dem Untergang des Weibchens, dessen Mission von den Arbeiterinnen fortgesetzt wird.

Diese Meinung erscheint mir wenig wahrscheinlich, weil sie uns zwingt, eine willkürliche Beziehung der Arbeiterinnen zu der Kopulation und zur Ablage von Eiern anzunehmen, aus welchen sich Weibchen entwickeln. So außerordentlich selten auch die Bedingungen eintreffen, bei welchen derartige Erscheinungen nach Ansicht des Autors möglich sind, so ist es doch klar, daß, wenn der diesbezügliche Instinkt der Arbeiterinnen sich als doppelt erweist und je nach Umständen der eine oder der andere zu Tage tritt, der ganze Sinn einer solchen Familie, wie sie die Hummelfamilie darstellt, verloren geht.

Allein damit nicht genug: die Vermutung Hoffers zwingt uns, zuzugeben, daß die Arbeiterinnen im Notfalle sich nicht nur als befähigt erweisen, nach eigenem Gutdünken von ihren Geschlechtsfunktionen Gebrauch zu machen, sondern überdies fähig sind, in einer ganz eigenartigen Weise zu funktionieren, wie wir sie nicht einmal bei den Weibchen sehen: bei letzteren erfolgt die Eiablage nach dem Ablauf einer langen Reihe von Wintermonaten, nach erfolgter Befruchtung und niemals in demselben Jahre, da die Weibchen im alten Neste keine Eier legen; hier jedoch, wenn wir uns mit der Vermutung Hoffers einverstanden erklären, werden wir gleichzeitig auch bei den Arbeiterinnen innerhalb der Sphäre der Geschlechtstätigkeit eine ganz neue Serie von Instinkten anerkennen müssen, welche um so merkwürdiger erscheinen, als gerade diese geschlechtlichen Instinkte bei den Hummelarbeiterinnen eine Rückbildung erfahren haben.

B. Die Übersiedelung der Hummeln mit der Königin.

Derartige Fälle von Übersiedelungen werden durch Überfall seitens äußerer wie auch durch innere Feinde hervorgerufen; zu letzteren gehören die Parasiten, welche die Larven vernichten, sowie die Faulbrut. Die Übersiedelungen infolge von Parasiten habe ich hauptsächlich an Hummeln in der Gefangenschaft beobachtet, allein ich zweifle nicht daran, daß solche auch in der Freiheit vorkommen. In Nachstehendem gebe ich Tatsachen, welche Bezug auf diese Frage haben.

Einstmals beobachtete ich bei *Bombus muscorum*, fast im Mittelpunkte einer Schonung, ein zerstörtes Nest, und daneben, in einer Entfernung von 27—35 cm, ein

anderes, neues Nest, welches genau den gleichen Bauplan aufwies. In so großer Nähe voneinander lassen sich die Hummeln niemals nieder, so daß ich vermute, die Bewohner des neuen Nestes könnten Auswanderer aus dem alten sein, welches augenscheinlich durch schwarze Ameisen zerstört worden war.

Ein andermal fand ich in einer Entfernung von etwa 70 cm voneinander zwei Nester von *Bombus pratensis*. Das eine war mit Faulbrut infiziert, allein es befanden sich in demselben einige Arbeiterinnen; das andere enthielt ein altes Weibchen und Arbeiterinnen. Zwischen beiden Nestern, von welchen das letztere augenscheinlich das Resultat einer Auswanderung war, wurde eine Verbindung unterhalten.

In der Gefangenschaft habe ich mehrfach analoge Fälle von Auswanderungen infolge von Parasiten beobachtet. Dieselben werden stets auf eine mehr oder weniger unbedeutende Entfernung hin ausgeführt und zwar stets „zu Fuße“, da das Weibchen bei einer solchen Fortbewegungsweise keine Gefahr läuft, ihre Arbeiterinnen zu verlieren: indem es eine Spur hinter sich zurückläßt (wovon später die Rede sein wird), gibt es ihnen die Möglichkeit, sich zurechtzufinden; wollte das Weibchen durch die Luft nach einem anderen Orte hinüberfliegen, so wäre dies unmöglich. An dem neuen Orte wird die Behausung von dem Weibchen angelegt, die Arbeiterinnen schließen sich an.

Da an dem neuen Orte keine Waben vorhanden sind, so legen die Arbeiterinnen gleichzeitig mit dem Neste auch die ersten Wachszellen an. Auf Fig. 121 sehen wir 18 solcher Wachszellen, welche von den Arbeiterinnen unmittelbar auf dem hölzernen Boden des Zwingers angebracht wurden. Unter normalen Lebensbedingungen habe ich derartige Bauten bei *Bombus varians* beobachtet. Ungeachtet der außerordentlichen Eigenartigkeit

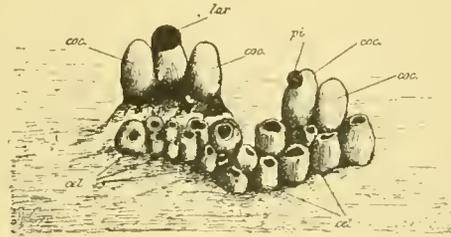


Fig. 121.

dieser Bauten, — in welchen gewisse Autoren einen Beweis für die Fähigkeit der Hummeln, sich in neuen Lebensbedingungen zurechtzufinden, die Fähigkeit zu Vernunftsschlüssen u. dgl. m. erkennen würden — erblicke ich hier nur ein interessantes Zeugnis für die Gemeinschaftlichkeit einiger Instinkte bei Hummelweibchen und Arbeiterinnen: die Wachswaben der Arbeiterinnen sind genau dasselbe wie die Honigtöpfe der Weibchen; der ganze Unterschied besteht nur in ihrer Größe. Dieser Umstand bestätigt wiederum im einzelnen nicht nur die Gemeinsamkeit, sondern auch die Schablonenhaftigkeit des Instinktes: die Tätigkeit ist bei allen identisch, und der Unterschied in den Resultaten der Arbeit erscheint als eine Folge des Größenunterschiedes der Individuen; der Anreiz zu der Arbeit wird bei allen durch gleichartige Faktoren hervorgerufen.

Wenn die Wachszellen hergestellt sind, so bringt das Weibchen über ihnen eine Eierzelle an, derjenigen vollkommen gleich, die sie gewöhnlich in dieser Periode der Eiablage anlegt. Auch diese Tatsache ist sehr bezeichnend für die Charakteristik der instinktiven Tätigkeit: die ersten Eier werden von dem Weibchen auf zuvor vorbereitetes Futter abgelegt, die übrigen legt es in die Eierzellen, wo ihnen das Futter durch die Arbeiterinnen zugestellt wird, während die Eierzelle selbst von dem Weibchen an den

Kokons der Puppen befestigt wird. Wird ein neues Nest — eine Kolonie — angelegt, so geht das Weibchen nicht in der ersten, sondern in der zweiten Reihenfolge vor, d. h. es befestigt seine Eierzellen an die Wachszellen, da es sich eben in der Periode dieser Methode der Eiablage befindet.

Eine mit einem Weibchen versehene Kolonie führt ein Leben, welches sich in keiner Weise von dem gewohnten normalen Leben unterscheidet. Nimmt man einer solchen Kolonie alles was sie angefertigt hat — die Wachswaben, die von den Weibchen gelegten Eier und die fertigen Puppen —, wie ich dies mit Kolonien von *Bombus muscorum* getan habe, so ersetzen die Hummeln dies alles von neuem.

Auf Grund dessen, was über die Übersiedelungen der Hummeln gesagt wurde, kann man folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1) Erfolgt die Übersiedelung durch Arbeiterinnen mit einem Weibchen, so wird die Kolonie an einem neuen, von diesem letzteren gewählten Orte gegründet und ihr Leben verläuft wie unter normalen Bedingungen.

2) Führt man eine künstliche Übersiedelung ohne Weibchen herbei, allein in der Weise, daß Waben mit Vorräten an Honig und Larven erhalten bleiben, so wird sich das Fehlen einer Königin in keiner Weise bemerklich machen, wenigstens wird dieses Fehlen in der Tätigkeit der Arbeiterinnen nicht zum Ausdrucke gelangen.

3) Ist die Übersiedelung von Arbeiterinnen allein, und zwar unter den gewöhnlichen Bedingungen, welche solche Übersiedelungen begleiten, ausgeführt, d. h. ohne Waben, so werden die Hummeln zusammen leben und allmählich aussterben, da sie nicht im stande sind, aus den Instinkten ihres „sozialen Lebens“ irgend einen Nutzen für ihre Existenz zu ziehen; die Aufgabe dieser Geselligkeit liegt außerhalb des Bereiches der Interessen der Arbeiterhummeln.

Kapitel VII.

Über die „Sprache“ der „sozialen“ Insekten.

Nach dem Bekanntwerden der Versuche von Lubbock, Averkiew, Bethe und vielen anderen Autoren ist jene Ameise aus der wissenschaftlichen Literatur verschwunden, die aus dem an einem Faden aufgehängten Glase mit Zucker nach ihrem Neste zurückkroch und daselbst ihren Freunden erzählte, wo die Spur der leckeren Speise zu finden sei, worauf „die kleinen aber verständigen Geschöpfe sich in ganzen Schaaren nach dem Zimmer mit dem Zuckerglase aufmachten, an seiner Wand und Decke dahinkrochen und sich sodann an der Schnur in das Glas herabließen“: man kann diese Ameise heute nur noch in Erzählungen für Kinder finden. Wir haben jetzt eine andere Ameise kennen gelernt, welche niemandem etwas erzählt, sondern im Kriechen eine Spur von Ameisensäure hinterläßt, von welcher geleitet die ein und dasselbe Nest mit ihr bewohnenden Ameisen ihrer Nestgenossin nachfolgen.

Mit dem Geruchsvermögen der Hummeln verhält es sich ähnlich: sie sind im stande, ihre Wabe zu erkennen, indem sie sie mit ihren Fühlern betasten, ebenso ihr Nest und ihre Nestgenossen¹; allein sie sind nicht im stande, auf die Entfernung zu riechen,

¹ Näheres hierüber siehe Kapitel III „Über das Erkennen“.

wie dies die Wespen und Bienen tun. Aus diesem Grunde sind sie unbedingt unfähig, irgend ein Glied des Volkes hinter sich her zu den von ihnen entdeckten Nahrungsvorräten zu führen. Diese Unfähigkeit habe ich durch viele Beobachtungen konstatiert und kann ihr Vorhandensein vollkommen sicher behaupten. Da ich meinen Beobachtungen an gefangenen Hummeln nicht genügendes Vertrauen schenkte, führte ich neue Studien im Garten aus, indem ich die seltenen Fälle abwartete, wo eine Hummel durch Zufall auf einen Teller mit Honig geriet. Hierbei, wie auch bei solchen Hummeln, die zufällig in das Zimmer hereinfliegen und von den Honigvorräten naschten, ergab sich allemal das gleiche: nie wurden andere Hummeln zu den gefundenen Vorräten hingeführt.

Nachstehend gebe ich zwei Beobachtungsreihen an Hummeln wieder, die zufällig aus dem Freien in das Zimmer geflogen waren und sodann fortfuhren, systematisch ab- und zuzufiegen und Honig zu rauben. Beide Hummeln gehörten zu *Bombus muscorum*; Hummel A war eine kleine, Hummel B eine große Arbeiterin. Das Nest von einer dieser Hummeln konnte ich ausfindig machen; es befand sich im Garten, in einer Entfernung von ca. 30 Metern von dem Zimmer. — Das Herbei- und Abfliegen geschah in folgender Ordnung:

Hummel A.		Hummel B.	
Herbeifliegen:	Abfliegen:	Herbeifliegen:	Abfliegen:
1 ^h 45	1 ^h 50	2 ^h 02	2 ^h 05
1 ^h 54	1 ^h 59	2 ^h 16	2 ^h 20
2 ^h —	2 ^h 04	Unterbrechung der Beobachtung	
2 ^h 09	2 ^h 15	—	—
Unterbrechung der Beobachtung		—	—
3 ^h 20	3 ^h 25	3 ^h 33	3 ^h 35
3 ^h 32	3 ^h 36	3 ^h 44	3 ^h 47
3 ^h 39	3 ^h 43	4 ^h —	4 ^h 04
3 ^h 48	3 ^h 52	4 ^h 12	4 ^h 15
3 ^h 58	3 ^h 59	4 ^h 20	4 ^h 24
4 ^h 03	4 ^h 04	4 ^h 30	4 ^h 35
4 ^h 07	4 ^h 10	4 ^h 47	4 ^h 52
4 ^h 13	4 ^h 17	4 ^h 57	5 ^h 03
4 ^h 20	4 ^h 24		
4 ^h 27	4 ^h 30		
4 ^h 35	4 ^h 38		
4 ^h 41	4 ^h 45		
4 ^h 48	4 ^h 58		
4 ^h 56	5 ^h 01		
5 ^h 04	5 ^h 10		
5 ^h 12	—		

Aus den angeführten Daten geht hervor, daß die Arbeit der Hummeln mit großer Regelmäßigkeit und Energie betrieben wird; der Raub beginnt am Vormittag und endet vor Sonnenuntergang. Jedesmal sogen sich die Hummeln dermaßen voll Honig, daß sie nur mit Mühe auffliegen konnten und bisweilen sogar gezwungen waren, aus dem Zwinger

herauszukriechen, bevor sie ihren Flug begannen. — Die Beobachtung dauerte über eine Woche (8 Tage) und das Resultat blieb unabänderlich das gleiche: während dieser ganzen Zeit kam keine einzige neue Hummel zu dem Honig. Auch könnte ich noch eine Reihe anderer eigener Beobachtungen anführen, welche die Tatsache bestätigen, daß die Hummeln ihre Nestgenossen nicht zu den von ihnen entdeckten Vorräten „mitbringen“.

Ich zweifle keinen Augenblick daran, daß der Grund dieser Erscheinung in der Beschaffenheit ihres Geruchsvermögens zu suchen ist, ebenso wie auch die Ursache dafür, daß die Wespen und Bienen ihre „Genossinnen“ mit sich bringen, in der Beschaffenheit ihres Geruchsvermögens liegt. Das Lexikon der Hummeln enthält demnach um ein Wort weniger als das Lexikon der Bienen: — das Wort, welches dem Geruchsvermögen der letzteren von einer Spur Mitteilung macht, vermittelt welcher sie nach dem gesuchten Gegenstande gelangen können.

Die mitgeteilten Tatsachen und Betrachtungen berechtigen mich zu der Behauptung, daß die Erzählungen von der Fähigkeit der Insekten, ihren Kameraden über den Fundort von Nahrungsvorräten, und dazu noch mit genauer Beschreibung dieses Ortes, Mitteilung zu machen, — gänzlich in die Kategorie des Jägerlateins verwiesen werden müssen. Dahinein gehört aber noch vieles andere; z. B. auch die Geschichte von den „Trompetern“ der Hummeln, nebst Betrachtungen darüber, warum und weshalb sie trompeten! Prof. Pérez¹ erzählt sehr ausführlich hierüber; auf diesen Autor verweise ich denn auch den Leser, der sich für den Gegenstand näher interessiert; das Wesentliche der alten und niedlichen Geschichte besteht darin, daß der Trompeter des Morgens auf dem Neste erscheint, um seine Genossinnen zu wecken, damit sie ihren Arbeitstag beginnen. Was Pérez selbst betrifft, so ist seine Ansicht über diese Erscheinung die folgende:

„L'utilité de ce réveilleur des Bourdons nous échappe, surtout quand nous voyons, dans les observations de Hoffer, des ouvrières sorties dès quatre heures, alors que la diane ne commence à se faire entendre que huit minutes plus tard. Pourquoi donc, au lieu de s'empresser de sortir, la première ouvrière éveillée ne se charge-t-elle point des fonctions de trompette? Faudrait-il à celle qui les remplit quelque titre officiel? Serait-ce un bourdon déterminé, et pas un autre, à qui seul doit incomber le devoir de réveiller ses frères?

Il serait en tout cas assez mal choisi, ce réveilleur, qui n'est pas le premier levé.

Notez encore que son rappel dure un quart d'heure, vingt minutes ou même plus. Est-il donc nécessaire qu'il soit si long, pour être efficace? Quel dures oreilles que ces bourdons! Eh oui, en effet, ils sont sourds, bien sourds, comme les abeilles, comme les fourmis, car on ne supposera pas, sans doute, que seuls ils n'entendent point. Et s'ils n'entendent pas, à quoi bon alors la sonnerie du trompette?

S'il est impossible de croire que ce bruyant personnage remplisse une fonction sociale quelconque dans la colonie, il est très naturel d'admettre qu'il ne s'agit tant que pour son propre compte. Il en est du trompette, vraisemblablement, comme des abeilles dites ventilateuses; ce doit être un bourdon éclos depuis peu, n'ayant point encore fait sa première sortie, et qui se prépare, par un entraînement préalable, aux longs voyages qu'il lui faudra bientôt fournir. Il n'est nullement prouvé, que le trompette ainsi que Hoffer paraît le croire, soit tous les jours le même. Il serait d'ailleurs facile de s'en assurer, comme aussi de constater si c'est toujours ou non un bourdon venant d'éclore. Il est bon de rappeler à ce propos que Hoffer lui-même a vu, ainsi que nous l'avons rapporté plus haut, les mâles depuis peu sortis du cocon s'exercer dans le nid en agitant leurs ailes, et développer ainsi les muscles du vol.“

¹ loc. cit. p. 117 u. ff.

Das bisher letzte Wort in unserer Angelegenheit ist im Jahre 1903 gesprochen worden. v. Buttell-Reepen gibt, indem er sich ebenfalls auf die Beobachtungen von Hoffer beruft, folgende Deutung: er vermutet, daß die Trompeter bei den Hummeln dieselbe Rolle spielen, wie unter den Bienen die Arbeiterinnen bei der Ventilation des Stockes; zu diesem Zwecke stehen eine oder mehrere solcher Bienen am Flugloche und befördern die Reinigung der Luft durch rasche Bewegungen ihrer Flügel. v. Buttell-Reepen hat die Erscheinung indessen nicht selbst beobachtet, und wiederholt infolgedessen eine ganze Reihe ungenauer Angaben Hoffers. Z. B. sollen Trompeter nur bei individuenreichen Völkern vorhanden sein. Dies ist unbedingt falsch: nicht ein Mal, sondern sehr viele Male habe ich Trompeter bei Völkern beobachtet, welche aus höchstens 12 Individuen bestanden. Einstmals „trompeteten“ in einem aus 10 Individuen bestehenden Neste von *Bombus muscorum* sogar fünf derselben; es war dies um 1 Uhr Mittags, als die Temperatur in der Sonne eine solche Höhe erreicht hatte, daß das Wachs des Nestdaches weich geworden war.

In diesem Volke von *Bombus muscorum* beobachtete ich nicht allein ganze 50% von Trompetern, sondern ich konnte dieselben auch nach meinem Belieben zum Trompeten zwingen; um das zu erreichen, brauchte ich die Kiste mit dem darin befindlichen Neste nur an die Sonne zu stellen und dieselbe zu $\frac{3}{4}$ mit einem Stücke dunklen Glases zu bedecken: nach Verlauf von 5—10 Minuten erschienen die Trompeter bereits auf ihrem Platze und begannen zu trompeten. Wurde das Glas aufgehoben und die Luft abgekühlt, so verstummten die Trompeter sofort. In einem Neste von *Bombus lapidarius* (von etwa 100 Individuen) zwang ich 10 Individuen und darüber gleichzeitig zu „trompeten“. — Diese und viele andere in gleicher Richtung angestellte Versuche führten mich zu dem zweifellosen Schlusse, daß der sogenannte Trompeter ein lebender Ventilator ist, welcher zu arbeiten beginnt, sobald die Luft im Neste den Anforderungen nicht mehr entspricht, aus welchen Gründen dieses letztere auch erfolgen möge.

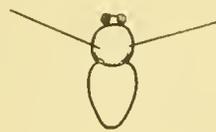


Fig. 122.



Fig. 123.

Ferner spricht v. Buttell-Reepen, wiederum nach Hoffer, darüber, daß Trompeter nur bei unterirdisch bauenden Völkern bekannt sind. — Ich habe dagegen Trompeter bei Hummeln mit allen Arten von Nestern beobachtet, am häufigsten jedoch und am deutlichsten ausgesprochen bei *Bombus lapidarius*. Der Grund, warum die Autoren bei einigen Hummelarten keine Trompeter gesehen haben, liegt darin, 1) daß sie dieselben nicht unter den geeigneten Bedingungen beobachtet haben, und 2) daß nicht alle Trompeter, indem sie die Luft ventilieren, hörbar summen; bei *Bombus muscorum* habe ich Trompeter beobachtet, die ihre Flügel in eine solche Stellung brachten, und dieselben verhältnismäßig so langsam bewegten, daß sie keinen Laut von sich gaben. Auf Fig. 122 sehen wir einen Trompeter, welcher auf einem Flecke (den Waben) stehend, ein starkes Summen hören läßt; seine Flügel sind weit ausgebreitet, wie dies durch zwei denselben entsprechende Linien angedeutet ist. Auf Fig. 123 sehen wir einen Querschnitt durch den Cephalothorax (Ceph) an der Stelle, wo die Flügel an ihm befestigt sind; die Schwingungen dieser letzteren, durch punktierte Linien angegeben, sind stets kleiner als beim Fluge, bisweilen sogar sehr be-

trächtlich. Dementsprechend ist auch die Kraft des Tones eine verschiedene, bis zum völligen Verschwinden.

Es versteht sich von selbst, daß auch alle Erklärungen v. Buttler-Reepens, warum man Trompeter nur bei unterirdische Nester bauenden Hummeln beobachten kann, durch meine Beobachtungen haltlos werden. Ebenso werden die Erklärungen, die v. Buttler-Reepen für den Umstand gibt, daß wir die Trompeter nur früh am Morgen hören, hinfällig; es liegt kein Grund vor, dies zu erklären, da wir die Trompeter eben zu jeder Tageszeit hören können. Abgesehen von diesen Ungenauigkeiten kommt aber die Erklärung v. Buttler-Reepens, indem der Autor dasjenige auf die Hummeln überträgt, was bereits für *Apis mellifica* bekannt war, nicht nur der Wahrheit näher, sondern sie ist sogar unbedingt richtig. Der Hummel-Trompeter ist, wie ich bereits gesagt habe, ein lebender Ventilator; Prof. Pérez begeht demnach einen Irrtum, wenn er den Trompetern eine soziale Funktion abspricht, und seine eigene Erklärung, wonach dem Summen der Hummeln die Bedeutung einer Flügelymnastik zukommt, — stellt einen zweiten Irrtum dar. Andererseits ist der Autor ganz im Rechte, wenn er vermutet, daß eine jede in dieser Weise arbeitende Hummel „ne s'agit tant que pour son propre compte“: weder die Sorge um die Interessen der „Gesellschaft“ noch das Verständnis der „sozialen“ Rolle haben hier auch nur den geringsten Einfluß, obgleich die Resultate der Arbeit eben dieser ganzen „Gemeinde“ zugute kommen.

So prosaisch endet die Legende von den Hummeln, die ihre Schwestern mit Musik zu des Tages Arbeit rufen! Der lebende Ventilator ist nicht nur unfähig zum Herbeirufen, sondern er wird auch zweifellos von niemandem bemerkt und gehört.

Wir wollen nunmehr von den alten Untersuchungsmethoden der vergleichenden Psychologie und von den Schlußfolgerungen ad hominem zu den Resultaten übergehen, die ich durch Beobachtungen an Hummeln erzielt habe. Diese Beobachtungen geben, wie wir sogleich sehen werden, auf die Frage: besitzen die „sozialen“ Insekten eine Sprache, welche der „Sprache“ der höheren Tiere halbwegs ähnlich ist? — die kategorische Antwort: nein, sie besitzen keine solche Sprache. Können aber vielleicht die sozialen Insekten sich irgend welche Nachrichten auf eine Art und Weise zukommen lassen, die nichts mit der Sprache der höheren Tiere zu tun hat? Auf diese Frage antworte ich ebenso kategorisch: ja, sie können dies, aber als Redeorgan dient ihnen der Geruch und das Gefühl, und die Psychologie dieser „Sprache“ hat einen ganz anderen Charakter, als diejenige einer wirklichen, durch das Gehörorgan aufgenommenen Rede. Auch repräsentiert jene Geruchs- und Gefühlssprache, entgegen der Ansicht der Autoren, keineswegs ein Etwas, wodurch die gesellig lebenden Insekten ganz besonders ausgezeichnet wären und direkt mit den höheren Formen der Geselligkeit — der menschlichen — verglichen werden könnten, sondern sie übertrifft dasjenige, was wir bei den solitären Insekten antreffen, in keiner Weise und bleibt sogar hinter einigen derselben zurück.

1. Die Sprache des Geruchssinnes.

Die Sprache dient bei den Hummeln hauptsächlich zur Lösung zweier Aufgaben.

a) in Fällen der Auswanderung aus dem alten Neste und Anlegung eines neuen zur Mit-

teilung über die Lage des letzteren; b) zum Erkennen von Genossen und Fremden. Wir besprechen nacheinander die hierbergehörigen Erscheinungen:

a) Die Mitteilung über den Platz, wo das neue Nest bei der Übersiedelung eingerichtet werden soll.

Wenn schwärmende Bienen den Stock verlassen, so siedeln sie sich an einem beliebigen Orte an, indem sie den ersten passenden Gegenstand hierzu benützen, — bisweilen in einem Mäuseloch, das in einer bestimmten Tiefe zu ihrer Behausung hergerichtet wird.¹

Bei den Hummeln findet ein Schwärmen nicht statt, allein Fälle von Übersiedelungen in Gemeinschaft mit dem Weibchen kommen vor, wenn auch außerordentlich selten. Derartige Auswanderungen aus dem alten Neste werden nur „zu Fuße“, niemals im Fluge ausgeführt. Die Ursache dieser Erscheinung liegt natürlich in jenen Eigenschaften des Geruchssinnes der Hummeln, von denen ich bereits oben gesprochen habe. Während die Bienen durch die von den „Kameradinnen“ in der Luft zurückgelassene Spur geleitet werden, vermögen die Hummeln, die ein analoges Geruchsvermögen nicht besitzen, nur mit Hilfe des taktilen Geruchs einander zu folgen. Übrigens interessiert uns hierbei nicht sowohl dieser Umstand, als die Frage: wer gibt Nachricht über die Notwendigkeit der Übersiedelung und über den Ort, wo das neue Nest begründet werden muß, und auf welche Weise geschieht dies?

Ich kann diese Frage durch folgende Beobachtung beantworten: Mitte Juli brachte ich ein kleines Nest von *Bombus muscorum* nach Hause, welches aus nur 10—15 Individuen bestand, da die Waben durch Parasiten fast vollständig zerstört worden waren. Ich legte das Nest mit dem noch darin befindlichen Weibchen in eine Kiste. Um den Hummeln Gelegenheit zu geben sich zu erholen, gab ich ihnen Futter und reinigte das Nest von den Parasiten. Durch die Pinzette beunruhigt, krochen die Hummeln mitsamt dem Weibchen auf dem glatten Boden der Kiste nach allen Seiten auseinander. Nachdem das Weibchen eine Zeit lang in der Kiste herumgekrochen war, gelangte es endlich in die dem Neste gegenüberliegende Ecke und begann sich hier auf einer Stelle hin und her zu bewegen. Die Arbeiterinnen hielten sich daneben auf. Bald bemerkte ich, daß das Weibchen den Boden der Kiste, den es mit der Spitze des Abdomens unmittelbar berührte, unter seitlichem Hin- und Herbiegen des Hinterleibes zu beschmieren anfing, und zwar wurden hierbei außerordentlich feine Wachsteilchen auf den Boden aufgetragen. Bei den Arbeiterinnen rief diese Substanz eine starke Reaktion hervor: sie folgten den Bewegungen des weiblichen Abdomens unmittelbar und ohne Unterlaß, indem sie die von dem Weibchen hinterlassene, für meine Augen unsichtbare Spur mit den Fühlern betasteten (Fig. 124) — ein Verhalten, das ich bis dahin noch nie bei ihnen gesehen hatte. So schwankte der ganze Haufe von Arbeiterinnen, eifrig tastend, eine Weile hin und her. Bald darauf legten die Hummeln an dem neuen Platze Wachszellen an. Hierauf schleppten sie das ganze Baumaterial von dem früheren Neste nach dem neugewählten Orte und bauten ein neues Nest mit Eingang,



Fig. 124.

¹ Ich halte es selbstverständlich nicht für angebracht, mich bei den Anekdoten über Berichte, die der Königin von ihren auf Rekognosizierung der Örtlichkeit ausgesandten Untertanen erstattet werden, auch nur einen Augenblick aufzuhalten.

Dach und einem Dutzend Wachszellen, die mit Honig gefüllt wurden; endlich legte das Weibchen Eier ab und es begann ein neues Leben: die Hummeln waren übergesiedelt.

Das Hummelweibchen ist demnach dazu befähigt, eine Spur zu hinterlassen, welche den Arbeiterinnen als ein Hinweis auf die auszuführenden Arbeiten dient, gleich der Spur, welche von den Ameisen hinterlassen wird, damit ihre Kameraden ihnen folgen können. Erkennen wir eine solche Tätigkeit als ein Element der „Sprache“ an, so wird das betreffende Wort von dem Hummelweibchen mit dem Abdomen geschrieben und von den Arbeiterinnen mit Hilfe der Fühler gelesen. Von einem gewissen Gesichtspunkte aus betrachtet, ist dies natürlich eine Sprache, indem mit dieser Methode ein Insekt seinen Kameraden etwas „sagt“. Allein darin liegt noch keine Veranlassung, die „sozialen“ Insekten aus ihrer Klasse herauszuheben und mit Überspringung aller Zwischenstufen neben die höchsten Tiere — die Vögel oder Säuger — zu stellen; denn über eine solche Sprache verfügen auch viele solitäre Insekten.

b) Über das „Erkennen“ der Nestgenossen und fremder Individuen.

Außer über den Nistplatz können die Hummeln vermittelt ihrer Geruchssprache auch darüber unterrichtet werden, ob eine in das Nest geratene Hummel zu ihnen gehört, oder ob es eine Fremde ist. Die Tatsache, daß ein persönliches Erkennen weder bei den Bienen, noch bei den Wespen, noch endlich bei den Ameisen vorkommt, wird gegenwärtig augenscheinlich von allen Autoren als feststehend betrachtet; gleichzeitig wird damit natürlich auch anerkannt, daß dasjenige Erkennen, zu welchem diese Insekten befähigt sind, etwas ganz anderes darstellt, als das Erkennen bei den höheren Tieren. Diese Fähigkeit bezeichnet Bethe bei den Bienen und Ameisen bekanntlich durch den Ausdruck Chemoreflex, indem er derselben alles Psychische abspricht und sie den Geruchsorganen zuordnet. Jeder gegebene Stock oder jedes Nest einer jeden einzelnen Art scheidet einen bestimmten Geruch aus — nämlich eine besondere, durch den Stoffwechsel gelieferte Substanz; indem nun die Individuen der gegebenen Familie die Ihrigen oder Fremde mit den Fühlern, die mit dem spezifischen Geruchsvermögen ausgerüstet sind, berühren, erfolgt der Chemoreflex.

Folgende Tatsachen sind geeignet, die betreffenden Verhältnisse bei den Hummeln klarzulegen.

Bereits oben habe ich erwähnt, daß das Weibchen in besonderem Maße die Fähigkeit besitzt, die Ihrigen von Fremden zu unterscheiden. Fliegt ein Weibchen zufällig in ein fremdes Nest, so wird es bei der ersten Berührung ihrer Fühler mit einer der Arbeiterinnen des fremden Nestes sich sofort zurückziehen und davonfliegen; setzt man eine fremde Hummel in sein eigenes Nest, so wird es dieselbe sofort als eine Fremde erkennen und hinausjagen.

Andere Tatsachen stehen hiermit in Widerspruch. Ich setzte ein junges, soeben erst aus dem Kokon ausgekrochenes Weibchen von *Bombus lapidarius* in ein ihm fremdes Nest derselben Hummelart. Es verhielt sich zu demselben, als wäre es das seinige; auch die Hummelarbeiterinnen betrachteten das Weibchen als das Ihrige und ließen es in Ruhe. — Ein anderes Mal setzte ich das Weibchen eines Volkes von *Bombus lapidarius*, das aus verschiedenen Ursachen fast gänzlich zu Grunde gegangen war, zu einem anderen Volke derselben Art, welches kein Weibchen besaß. Die Arbeiterinnen er-

kannten das fremde Weibchen nicht als ein Glied ihrer Familie an, allein das Weibchen beachtete dies nicht im geringsten, begann die Waben zu besorgen, dieselben zu bebrüten u. dergl. m. Nach einem Tage erwies sich die Familie schon als ein wohl zusammengefügt Ganzes und das Weibchen war in seinen „Rechten und Pflichten“ anerkannt. — Einstmals brachte ich ein Weibchen von *Bombus terrestris* von einer Wiese mit nach Hause und setzte dasselbe in ein weiselloses Nest von Hummeln derselben Art. Sofort stürzte sich eine Arbeiterin auf das fremde Weibchen, welches sich unter die Waben versteckte; später kroch es nach oben und begann aus einer Zelle Honig zu saugen. Die Arbeiterinnen überfielen das Weibchen; es begann eine Balgerei, in welcher die Wirte des Nestes den angreifenden Teil bildeten; das Weibchen begnügte sich damit, die Angriffe abzuwehren und versteckte sich wiederum unter die Waben. Nach etwa zwei Stunden fand ich es auf den Waben, ganz ruhig neben den Arbeiterinnen sitzend; alle saßen durchaus friedlich beisammen, als gehörten sie zu einer Familie.

Unveränderlich und beständig ist das Betragen der Königinnen verschiedener Völker zueinander: eine Begegnung derselben im Neste führt unausbleiblich zu einem hartnäckigen und tödlichen Kampfe.

Bei den Hummelarbeiterinnen ist die Fähigkeit, die Ihrigen von Fremden der gleichen Art zu unterscheiden, viel schwächer ausgebildet, als bei den Weibchen, und überdies nicht nur bei verschiedenen Völkern, sondern auch bei Individuen ein und desselben Volkes verschieden groß. Hierüber habe ich eine Menge von Versuchen angestellt.

Ein Teil dieser Experimente ergab, daß die Hummelarbeiterinnen sich in der Gefangenschaft hinzukommenden Individuen gegenüber oft recht gutmütig verhalten und dieselben durchaus nicht angreifen, wie die letzteren es in Bezug auf die Wirte tun.

Ich besitze eine ganze Reihe von Aufzeichnungen mit dem Vermerke, daß 4, 5, 10, 20 Individuen in ein bestimmtes Nest gesetzt wurden, und daß der Zuwachs von dem fremden Volke ohne den geringsten Widerstand oder doch nur mit ganz geringem Widerstande aufgenommen worden war. Besonders gut gelangen mir diese Versuche in den Fällen, wenn ich die Hummeln, nachdem ich sie gezeichnet hatte, für die Nacht hinzutat. Es kam sehr häufig vor, daß die hinzugesetzten Hummeln die Rolle der Wirte übernahmen, die Wirte dagegen sich wie Geschwister der Ankömmlinge verhielten, und zwar ohne die geringsten Schwankungen oder Mißverständnisse. Es ist hierbei von entscheidender Wichtigkeit, ob die hinzugesetzten Hummeln aus einem normal beweiselten oder einem weisellosen Volke stammen. War das letztere der Fall, so gelang die Vereinigung um so leichter, je länger die Weisellosigkeit gedauert hatte. Es kam einmal vor, daß eine weisellose Hummel, die in ein fremdes Nest gesetzt ward und dort verblieb, bei der Heimkehr von der Tracht in ihr früheres, am benachbarten Fenster belegenes weiselloses Nest einkehrte und sich hier an eine Arbeit machte. Ich nahm die Hummel mit der Pinzette und setzte sie in jenes fremde Nest zurück, aus dem sie ausgeflogen war, worauf die Hummel daselbst ihre Arbeit ruhig fortsetzte, ohne die Veränderung zu bemerken. Von großem Interesse sind in dieser Hinsicht auch Versuche an einer Arbeitshummel von *Bombus muscorum*, die mit verkümmerten Flügeln aus der Zelle eines schon seit langer Zeit weisellosen Nestes ausgekrochen war. Ich verbrachte dieselbe aus dem Neste Nr. 2 in das Nest Nr. 15 (ebenfalls von *Bombus muscorum* und ebenfalls weisellos). Die Hummel fraß zuerst von dem als

Futter dargebotenen Bienenhonig, wandte sich nach eingenommener Mahlzeit, da Lage und Anordnung der Zwinger bei mir überall dieselbe ist, direkt nach den Waben des fremden Nestes um und machte sich hier an die Arbeit. Die Glieder der Familie beachteten den Ankömmling in keiner Weise, und dieser selbst wurde zu einem Mitglied der neuen Familie: er benahm sich wie einer der Wirte, d. h. verteidigte das Nest so gut er konnte, besserte es aus u. s. w.

Von höchstem Interesse sind Tatsachen, durch die der Beweis geliefert wird, daß die Arbeitshummeln den Geruch ihrer „anverwandten Schwestern aus dem heimatlichen Neste“ sehr rasch vergessen. Dies Vergessen der Seinigen, das bisweilen auffallend rasch eintritt, kann durch eine ganze Reihe von Beobachtungen bestätigt werden, von denen ich hier einige mitteile.

Ich brachte einige Hummeln aus einem von Füchsen zerstörten Neste mit nach Hause, setzte sie in eine Kiste, in der sich früher ein Hummelnest befunden hatte, und gab ihnen dort Honig zu fressen. Am nächsten Tage brachte ich eine andere Hummel aus dem gleichen zerstörten Neste, und es erwies sich, daß weder sie die am Tage zuvor geholten Hummeln als die Ihrigen anerkannte, noch auch diese die neu hinzugekommene Hummel als eine der Ihrigen: sie hielten sich getrennt und zeigten keine Geneigtheit, in nähere Verbindung miteinander zu treten. Offenbar hatte der Geruch des neuen Nestes, welchen sie während des eintägigen Aufenthaltes in demselben angenommen hatten, die Hummeln einander fremd gemacht.

Wenn eine Hummel, die man einem fremden Volke beigesellt, am Tage feindselig von diesem Volke aufgenommen wurde, so braucht man sie nur am Abende, wenn die Hummeln schlafen und daher nicht an Angriff denken, dahin zu setzen, um sie am nächsten Tage von denselben entweder ganz gutmütig oder doch mit unvergleichlich geringerer Feindseligkeit von seiten einzelner Hummeln aufgenommen zu sehen. Ich habe Fälle verzeichnet, wo einer am Tage in ein fremdes Nest gesetzten Hummel so übel mitgespielt wurde, daß sie wieder fortgenommen werden mußte; dieselbe Hummel, am Abend in dasselbe Nest gesetzt, machte sich am nächsten Morgen an den Waben zu schaffen, und fühlte sich in dem fremden Neste wie zu Hause. Es kann jedoch vorkommen, daß sich im Volke Hummeln finden, welche auch nach Verlauf eines Tages noch eine Fremde erkennen, und daher ist eine hinzugesellte Hummel im allgemeinen, selbst wenn die Mehrzahl der Familienglieder sich ihr gegenüber ganz friedfertig verhält, noch nicht völlig vor Angriffen sicher. Es kam ein Fall vor, wo eine hinzugesellte Hummel, die in einem fremden Neste bei vollständig friedfertigem Verhalten seitens der Glieder der fremden Familie etwa einen Tag zugebracht hatte, von einer großen Arbeiterin angegriffen wurde, und zwar in so erbitterter Weise, daß sie tödliche Verletzungen davontrug.

Die zu dieser Kategorie gehörigen Tatsachen finden ihre Erklärung natürlich in dem Umstande, daß einerseits das Geruchsvermögen bei den Individuen eines Nestes nicht in gleichem Maße ausgebildet ist, und daß andererseits die riechende Substanz, welche dem Akt des „Erkennens“ der Seinigen und deren Unterscheidung von Fremden als materielle Grundlage dient, wenig haltbar ist und unter veränderten Bedingungen leicht durch eine andere ersetzt wird: es genügt, einige Stunden in einem fremden Neste zu verweilen, um den Geruch desselben anzunehmen und in den Augen seiner Wirte zu einem anverwandten

Mitglieder ihrer Gemeinde zu werden. — Durch eine solche physiologische Grundlage der Erscheinung, welche psychologisch als das gegenseitige Erkennen der Hummeln einer „Gemeinde“ bezeichnet wird, ist der Charakter der Hummelfamilie, als Form des Zusammenlebens, gut definiert.

Der Teil eines Volkes von *Bombus muscorum*, der an dem früheren Standorte seines Nestes verblieben war, wurde nach einem Tage von mir nach Hause gebracht, wohin ich das ganze Nest mit den Waben und dem Weibchen schon früher transportiert hatte. Diese Hummeln wurden von den Ihrigen sofort anerkannt und flogen nicht nach dem früheren Orte zurück: der Geruch war bei diesen wie bei jenen der gleiche.

Ein anderer Fall. Zwei Wochen, nachdem ein Nest von *Bombus lapidarius* mit Waben und dem Weibchen nach Hause gebracht worden war, holte ich auch diejenigen Hummeln, welche am alten Orte am Leben geblieben waren; das Weibchen stürzte sich auf dieselben, zog sich aber bald wieder zurück; die anderen Hummeln ließen sie ganz in Ruhe. Die neu hinzugebrachten Hummeln fühlten sich nicht sofort zu Hause; es endete aber damit, daß sie nach 5—6 Minuten durch das Flugloch in das Nest krochen und dort verschwanden; keine einzige dieser Hummeln flog aus dem Neste fort, obgleich dasselbe offen stand. So wurden also Hummeln aus demselben Neste nach zwei Wochen, wenn auch nicht ohne „Mißverständnisse“, von den Ihrigen erkannt und erkannten ihrerseits das Nest als das ihrige.

Bei diesen Untersuchungen überzeugte ich mich ferner davon, daß bisweilen einer in ein fremdes Nest (derselben Art) gesetzten Hummel von nur einer gewissen Gruppe der Familienglieder Widerstand geleistet wird, während die übrigen Glieder den Ankömmling nicht als ein fremdes Individuum ansehen und sich demselben gegenüber völlig gleichgültig verhalten. Und nicht genug damit, daß die Individuen eines Stockes sich einem Fremdling gegenüber ungleich verhalten: auch diejenigen, die ihm feindselig gegenüber treten, legen ihre Feindseligkeit nicht mit gleicher Intensität an den Tag. Dementsprechend wird auch die fremde Hummel entweder ihren Verfolgern weichen und fortgehen, oder aber dem Angriff nicht die geringste Beachtung schenken und an Ort und Stelle bleiben, worauf sie sich nach einiger Zeit an dem neuen Orte einlebt.

Ich habe versucht, mir diejenigen Glieder der Familie zu merken, bei welchen die Fähigkeit, die Ihrigen von Fremden zu unterscheiden, besonders stark entwickelt ist, und habe mich davon überzeugt, daß ihre Angriffe auf Fremde keine Zufälligkeit, sondern ihre spezielle Eigenschaft darstellen. Ich gelangte zu dem Schlusse, daß es die Hummelarbeiterinnen der ersten Eiablagen sind, welche diese Eigenschaft besitzen, d. h. die allerkleinsten Tiere, die das Nest nur selten verlassen. Allerdings kommt es vor, daß wir auch unter den größeren Exemplaren von Arbeiterinnen solche finden, welche diese Eigenschaft in hohem Maße besitzen, aber dies geschieht viel seltener.

Wie das Verhalten der Arbeiterhummeln eines Volkes, hinzugekommenen Individuen der gleichen Art gegenüber ein verschiedenartiges ist, so ist auch das Verhalten der hinzugesetzten Individuen zu den fremden Nestern ein verschiedenes. Was nun ganz besonders lehrreich erscheint, das ist der Umstand, daß diejenigen Individuen, welche sich als die am meisten eifersüchtigen Beschützer ihres Nestes zeigen, sich gleichzeitig auch als

besonders wenig nachgiebig erweisen, wenn sie in ein fremdes Nest gesetzt werden. Kaum haben sie herausgebracht, daß das Nest, in welches man sie gesetzt hat, nicht ihnen gehört, so gehen sie augenblicklich fort; bietet sich jedoch keine Gelegenheit fortzuliegen, so halten sie sich abseits von dem fremden Neste und gewöhnen sich nie an dieses letztere. — Andere Individuen treten im Gegenteil gerne in eine fremde Familie ein, wenn sie auf keinen Widerstand treffen, wieder andere bleiben sogar dann auf den Waben sitzen, wenn sie von den Wirten des Nestes überfallen und gezaust werden und geben nur in dem Falle nach, wenn die Angriffe allzu energisch werden.

In der Gefangenschaft pflegen derartige Angriffe übrigens selten energisch ausgeführt zu werden, namentlich zwischen Individuen einer und derselben Art; die das Nest bewohnende Hummel stürzt sich einzeln auf den Eindringling, dessen Anwesenheit sie entdeckt hat, packt ihn am Beine und läuft um ihn herum; viel seltener setzt sie sich auf denselben, indem sie ihn zu stechen sucht, wobei beide sich mit den Beinen umklammern, sich miteinander überschlagen, ohne daß jedoch irgend welche ernstliche Folgen daraus entstehen.

Meistens jedoch verhält sich der Ankömmling selbst dann, wenn sein Kommen von 2—3 Hummeln des fremden Nestes bemerkt wurde, gegen solche Angriffe ziemlich indifferent, oder er begibt sich in das Innere des Nestes. Damit endet denn auch das Ganze, da die Hummeln sich in einigen Stunden, oder im äußersten Falle in einigen Tagen vollständig miteinander einleben. Je entfernter verwandt die Arten der Hummeln sind, um so besser erkennen sie sich gegenseitig, und um so unbedingt feindseliger ist ihr Verhalten gegeneinander bei einer Begegnung im Neste. Hier treten zu dem Geruchssinne augenscheinlich noch andere Indikatoren für das Eigene und Fremde hinzu.

Bombus lapidarius und *B. terrestris* können als ein ausgezeichnetes Beispiel für das Obengesagte dienen. Ich sah einst, wie eine in ihrem Neste beunruhigte Hummel von *B. lapidarius* aus demselben herausflog und aus Versehen statt nach Hause zurückzukehren in ein benachbartes Nest von *B. terrestris* geriet; als sie dort auf eine Hummelarbeiterin stieß, griff sie dieselbe wütend an und brachte ihr eine Wunde bei, an welcher jene nach Verlauf von zwei Stunden zu Grunde ging.

Ich versuchte eine eben erst ausgeschlüpfte *B. terrestris* einem Volke von *B. lapidarius* beizugesellen; die junge Hummel hatte noch eine ganz glatt anliegende Behaarung, indem die einzelnen Haare noch nicht ihre normale, vom Körper abstehende Lage eingenommen hatten. Eine Arbeiterin von *B. lapidarius* entdeckte die fremde Hummel augenblicklich und jagte sie zum Neste hinaus.

Über die Fähigkeit der Hummeln, ihre Waben zu erkennen und dieselben von fremden Waben zu unterscheiden.

Die dargelegten Beobachtungen und Versuche beweisen, daß das Erkennen der Hummeln sowie das Anerkennen der einen als der Ihrigen, anderer als Fremder — durchaus durch den taktilen Geruchssinn bedingt wird; auf die Entfernung können sie die Ihrigen von Fremden selbst dann nicht unterscheiden, wenn sie sich nebeneinander befinden. Ich habe diese Tatsache durch zahlreiche Versuche festgestellt. Um über ihre Beziehungen zu einer ihnen in den Weg kommenden Hummel oder einem anderen Gegenstande klar zu werden, müssen die Hummeln dieses Objekt unbedingt mit ihren Fühlern

berühren. Dasselbe Verfahren wenden die Hummeln auch an, um ihr Nest, ihre Waben u. dergl. m. zu erkennen.

Durch eine ganze Reihe von Versuchen, bei welchen Bienenwaben in Kisten mit Hummelwaben verbracht wurden, konnte mit voller Augenscheinlichkeit bewiesen werden, daß die Hummeln die ersteren nicht als die ihrigen anerkennen. Wenn wir zum Beispiel in einem Hummelstock einen Teil der eigenen Waben mit Honig in einer Ecke, den anderen in einer anderen Ecke, in einer Entfernung von 20—25 cm unterbringen, so werden beide Teile als eigene anerkannt; die Hummeln halten sich hier wie dort auf und tragen keinen Honig aus den Zellen der einen Wabe in die der anderen. Legt man die Waben dagegen nahe aneinander, in einer Entfernung bis zu etwa 4 cm, so vereinigen die Hummeln dieselben mittelst aus Wachs gefertigter Verbindungswände.

Ganz anders gestaltet sich das Bild, wenn wir neben die Hummelwabe das Stück einer Bienenwabe mit Honig legen, so daß beide einander berühren; die Hummeln erkennen das letztere nicht als das ihrige an, indem sie nicht nur beide Waben nicht miteinander verbinden, sondern auch Bienenhonig in ihre Waben hinübertransportieren. Man darf jedoch nicht glauben, daß die Hummeln ihren eigenen Honig von dem der Bienen unterscheiden und es für notwendig halten, letzteren einer gewissen Bearbeitung zu unterwerfen: füllt man die Zelle einer Hummelwabe mit Bienenhonig, so verschließen die Hummeln dieselbe, wie sie es auch mit ihrem eigenen Honig machen würden.

Legen wir eine Wabe aus einem Neste von *Bombus lapidarius* in ein anderes Nest (Zwinger) derselben Hummelart in einer Entfernung von 20—25 cm, so sehen wir folgendes Bild. Am ersten Tage läßt das Benehmen der Hummeln der fremden Wabe gegenüber deutlich erkennen, daß sie dieselbe nicht als die ihrige anerkennen. Allein bereits nach Verlauf eines Tages erkennen sie dieselbe als die ihrige an und laufen zu ihr aus dem Neste und umgekehrt, genau wie sie dies tun, wenn man Waben aus ihrem eigenen Neste zerteilt.

Die Ursache dieser Erscheinung folgt ohne weiteres aus dem, was weiter oben über die Art und Weise des Erkennens der Ihrigen und des Ihrigen seitens der Hummeln gesagt worden ist.

Es erübrigt noch, über das Verhalten der Hummeln einer Art zu den Waben von Hummeln einer anderen Art zu sprechen.

Ich legte einer Familie von *Bombus lapidarius*, die ich aus einem zerstörten Neste nach Hause mitgebracht hatte, Waben von *Bombus terrestris* unter. Ein großer Teil der Hummeln erkannte die fremden Waben nicht als die ihrigen an, während sie doch die wenigen Kokons, die ich aus ihrem eigenen zerstörten Neste mit heimgebracht hatte, sofort als die ihrigen erkannten und sich emsig damit zu schaffen machten. Erst nach Verlauf von einigen Stunden wurden auch die *terrestris*-Waben angenommen, und die Tiere begannen die darin befindlichen Kokons zu bebrüten, die leeren aus den Vorräten mit Honig zu füllen u. s. w. Das Weibchen machte sich eifrig an seine Arbeit.

Obgleich nun in diesem Falle die fremden Waben schließlich als eigene anerkannt wurden, so bleibt doch der Umstand, daß die Hummeln jene anfangs, wenn auch kurze Zeit hindurch, als fremde betrachteten, immerhin eine Tatsache, die Beachtung verdient.

Was war es, das den Hummeln in dieser Sache als Kriterium diente? Berücksichtigt man den Umstand, daß eine aus dem gleichen Neste stammende Wabenmasse von den Hummeln sofort als die ihrige anerkannt wird, und zwar in einem jeden ihrer Bestandteile und nicht nur an dem Orte, wo sich das Nest befand, sondern auch dann, wenn die Hummeln nach einem anderen, für sie fremden Orte verbracht werden, — wobei es ganz gleichgültig ist, ob diese Teile gleichzeitig mit dem Volke transportiert oder demselben nach einiger Zeit untergelegt werden, ob sich der in den Zellen enthaltene Honig in den Waben erhalten hat, oder aus denselben entfernt wurde, endlich ob alle Zellen ganz geblieben sind, oder einige derselben beschädigt wurden, — so können wir mit voller Überzeugung behaupten, daß weder die allgemeine Gestalt der Wabenmasse, noch die Gestalt und der Bau der einzelnen Waben bei diesem Erkennen auch nur die geringste Rolle spielen.

Andererseits erweist es sich, daß die Hummeln nur eine gewisse Zeit auf den Waben zu verweilen und sich auf denselben hin und her zu bewegen brauchen, damit eine immer größere und größere Anzahl von ihnen dieselben als die ihrigen anerkennt. Hierbei werden die Waben verschiedener Völker ein und derselben Art verhältnismäßig rasch anerkannt; die Waben verschiedener Arten werden einige Zeit lang als fremde betrachtet, so dann aber um so rascher in den Kreis der wirtschaftlichen Tätigkeit des Volkes hereingezogen, je häufiger und in je größerer Anzahl sie von dessen Gliedern besucht werden.

Wenn es nicht das Sehvermögen und die Erinnerung an das Aussehen der eigenen oder fremden Architektur des Baues ist, so kann nur das Geruchsvermögen das Mittel sein, um zu erkennen, ob es sich um etwas Eigenes oder um ein Fremdes handelt; und die Fühler sind es, vermittelt welcher diese Frage gestellt und Antwort auf dieselbe empfangen wird.

Die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung wird auch durch die Erscheinungen bestätigt, von welchen ich bereits oben gesprochen habe, als ich Fälle der Übersiedelung von Hummeln mit der Königin an einen neuen Ort und von dem Benehmen dieser letzteren wie auch der Arbeiterinnen beschrieb. Nach den dort erwähnten Fällen stellte ich noch zahlreiche Versuche ähnlicher Art mit *Bombus muscorum* an. Ich entnahm einem Neste die



Fig. 125.

Königin und eine kleine Anzahl von Arbeiterinnen ohne Waben und setzte dieselben in einen Zwinger mit Baumaterial. Die Hummeln bauten bald ihre Waben aus Wachszellen entweder direkt auf dem Boden des Zwingers (Fig. 125), oder auf einem Stückchen Karton,

oder endlich auf einem beliebigen, auf den Boden der Kiste gelegten Gegenstande, wenn derselbe mit demjenigen Teile des inneren Nestes eingerieben wurde, auf welchem die Waben lagen und welcher beständig von den Hummeln begangen wurde. Ein derartiges Einreiben kann auf die Weise erfolgen, daß absolut keine sichtbaren Spuren nachbleiben; trotzdem erkennen die Hummeln, indem sie das geriebene Plättchen oder den Teil des Kistenbodens befühlen, diese Stelle sofort als die ihrige an und machen sich an die Arbeit. Durch diese Versuche wird die Tatsache, daß die Hummeln über einen gut entwickelten taktilen Geruchssinn verfügen, d. h. über einen Geruchssinn, welcher sie dazu befähigt, Eigenes von Fremdem durch Berührung mit den Fühlern zu unter-

scheiden — mit vollster Augenscheinlichkeit festgestellt. Bis zu welchem Grade der Feinheit dieser Geruchssinn bei den Hummeln entwickelt ist, erhellt aus folgender Beobachtung.

In der Nähe eines zerstörten Nestes, etwa 70 cm von demselben entfernt, sammelte sich einmal eine ziemlich ansehnliche Gruppe von Hummelarbeiterinnen. Der Gegenstand, welcher diese Ansammlung an einer Stelle verursacht hatte, erwies sich als ein Stückchen Wabe mit Puppen. Ich nahm dieses Stückchen mit den darauf sitzenden Hummeln mit nach Hause. Als ich am nächsten Tage nach dem zerstörten Neste sah, fand ich wiederum eine Gruppe von Hummeln an derjenigen Stelle vereinigt, wo gestern das Wabenstückchen gelegen hatte; die unsichtbaren Spuren desselben hatten die Insekten angelockt!

Indem wir alles, was über die „Sprache“ des Geruches bei den Hummeln gesagt wurde, kurz zusammenfassen, können wir erstens behaupten, daß eine derartige Sprache wirklich vorhanden ist; zweitens, daß deren Anwendung sich im wesentlichen auf das eine Wort „Eigenes“ beschränkt, da alles, was nicht eigen ist, — fremd sein muß, und durch seine Einwirkung auf die Hummeln bei diesen eine entsprechende Reaktion hervorruft: ein fremdes Nest, das Glied eines fremden Volkes u. s. w. Endlich, daß die Hummeln dasjenige als das ihrige anerkennen, was den Geruch ihres Nestes hat, wenn sie auch von den anderen Eigenschaften des Gegenstandes nicht die geringste Vorstellung haben.

Den besten Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung können folgende Tatsachen abgeben. Hat ein *Psithyrus* eine Zeit lang im Neste gesessen, so wird er von den Hummeln als einer der ihrigen anerkannt und wird, wenn er, nachdem er das Nest verlassen hat, wieder heimkehrt, durchaus freundschaftlich empfangen; begibt sich ein solcher *Psithyrus* in ein anderes Hummelnest, so wird er getötet oder fortgejagt werden; es liegt auf der Hand, daß es von seinem Geruche abhängt, ob der *Psithyrus* als ein Genosse oder als ein Fremder behandelt wird.

Es fragt sich nun, woher dieser für ein jedes betreffende Nest spezifische Geruch stammt, und von wem diese Substanz ausgeschieden wird? Durch viele der von mir angeführten Tatsachen wird die Ansicht Bethes anscheinend auf das Beste bestätigt, wonach diese „Substanz“ von jedem einzelnen Individuum jeder gegebenen Familie der sozialen Insekten ausgeschieden wird und als ein Resultat des Stoffwechsels in deren Organismus zu betrachten ist. Diese Substanz dient ihnen als Mittel, sich gegenseitig zu erkennen, und bildet die Grundlage jenes Chemoreflexes, von welchem der Autor spricht.

Beobachtungen haben mich gelehrt, daß je energischer die Lebenstätigkeit der Hummeln ist, desto leichter dieselben die Fremden erkennen, und umgekehrt: daß sie sich um so schwieriger erkennen, je schwächer diese Tätigkeit zu Tage tritt. Wenn nun die Bewegungen der Hummeln infolge andauernden Lebens in der Gefangenschaft weniger lebhaft werden, und das Ausfliegen eingestellt wird, so wird auch die Fähigkeit, die Ihrigen von Fremden zu unterscheiden, entsprechend herabgesetzt. Offenbar geht mit der Herabsetzung der Lebenstätigkeit der Hummeln eine Abschwächung ihres Stoffwechsels und damit eine verminderte Ausscheidung der für jedes Volk spezifischen Substanz Hand in Hand. Besonders beweisend im Sinne dieser Schlußfolgerung erscheinen diejenigen Tatsachen, durch welche festgestellt wird, daß, wenn man zu einem Volke von Hummeln mit herabgesetzter Lebenstätigkeit (d. h. zu einem solchen, welches lange in der Gefangenschaft ge-

lebt hat) eine „aus der Freiheit“ mitgebrachte Hummel setzt, die ersteren dieselbe sofort als eine Fremde erkennen; setzt man dagegen eine Hummel aus einem fremden Volke zu ihnen, welche ebenfalls lange in der Gefangenschaft gehalten worden war, so erkennen sie dieselbe nicht als Fremde. Von dem Gesichtspunkte der Hypothese Bethes aus betrachtet, haben wir es hier mit einer herabgesetzten Lebenstätigkeit des fremden Nestes zu tun, wodurch die Ausscheidung der chemischen Substanz herabgesetzt wird, weshalb die betreffenden Tiere auch nicht mehr als Fremdlinge angesehen werden.

Ebenso einfach läßt sich offenbar auch folgende Tatsache vom Gesichtspunkte der Betheschen Hypothese aus erklären: setzt man zu einem „aus der Freiheit“ mitgebrachten Volke eine Hummel, welche lange in der Gefangenschaft gelebt hat, so wird letztere bisweilen nicht als Fremde betrachtet: die Ausscheidung der „Substanz“ ist bei dieser Hummel zu unbedeutend, um sie als Fremde zu charakterisieren. — Alle diese und ähnliche Tatsachen sprechen zu Gunsten der erwähnten Hypothese.

Es gibt jedoch eine Tatsache, deren Beweiskraft genügend stark ist, um diese Hypothese für unhaltbar zu erklären, und zwar ist es die nachstehende. Die Beobachtungen, von welchen ich oben gesprochen habe, beweisen zweifellos, daß eine Hummel, ja sogar ein *Psithyrus*, welche in ein fremdes Nest gesetzt wurden, von den Inhabern desselben als zum Volk gehörig anerkannt wurden, nachdem sie 12—15 Stunden in dem Neste verweilt haben.

Wie läßt sich diese Erscheinung mit der Betheschen Hypothese in Übereinstimmung bringen? Ist der Stoff, welcher dazu dient, das Eigene von Fremdem zu unterscheiden, eine spezielle Ausscheidung des Organismus, — so werden sich seine Eigenschaften natürlich dadurch nicht ändern, daß die Hummel von einem Orte an einen anderen verbracht worden ist; wenn aber dieser Stoff unverändert bleibt, so wird er heute und morgen und nach einem Monate die Glieder des betreffenden Volkes davon in Kenntnis setzen, daß in ihrer Mitte ein Fremder weilt, was jedoch in Wirklichkeit nie der Fall ist: es brauchen nur 12—15 Stunden zu vergehen und die Hummeln erkennen den untergeschobenen Fremdling durch die Bank als einen der Ihrigen an. Es ist klar, daß es sich hier nicht um eine chemische Substanz handeln kann, die von jeder einzelnen Hummel ausgeschieden wird, sondern um etwas ganz anderes.

Die Hypothese von Bethe müßte meiner Ansicht nach in zweierlei Hinsicht korrigiert werden.

Erstens stellt der Stoff, der den Gliedern einer Familie dazu dient, sich gegenseitig zu erkennen, nicht ein besonderes, eigens hierfür ausgeschiedenes Stoffwechselprodukt dar.

Zweitens besitzen nicht alle Individuen eines Volkes die Fähigkeit, den erwähnten Stoff auszuscheiden, sondern allein die Königinnen.

Diese meine Folgerungen begründe ich einmal auf die oben mitgeteilten Erscheinungen, welche das Erkennen (resp. Nichterkennen) der Angehörigen und Fremden begleiten, ferner aber noch auf jene Erscheinungen, welche ich bei der Besprechung der Übersiedelungen beschrieben habe. Ich erwähnte damals, daß das Weibchen den für Anlegung einer neuen Ansiedelung ausgewählten Platz mit einer außerordentlich feinen Schicht von Wachs (das sie aus ihrem Abdomen abscheidet) einreibt, und daß diese letztere die Attraktion für die Arbeiterinnen ausmacht, die die von der Königin hinterlassene Spur fortwährend mit den Fühlern berühren. Indem ich mit dem Gegenstande, auf welchem die Königin

eine solche feinste Wachsschicht hinterlassen hatte, einen anderen Gegenstand einrieb, zwang ich die Hummeln, diesen letzteren als den Ort anzusehen, wo das Nest gebaut werden sollte. Auf diese Weise gelang es mir, die Hummeln zu veranlassen, ihre Zellen auf einem Stückchen Karton, auf einem Blättchen Papier u. dergl. m. anzulegen. Derartige Spuren hinterlassen, d. h. riechendes Wachs ausscheiden, kann aber allein das Weibchen.

Die Arbeiterinnen scheiden bekanntlich ebenfalls Wachs aus, allein dieses Wachs unterscheidet sich nicht nur darin von dem Wachs des Weibchens, daß die Arbeiterinnen dasselbe mit fremden Elementen vermischt verwenden: auch in reinem Zustande ist ihr Wachs weder nach Farbe noch nach Qualität demjenigen gleich, das wir an den Bauten des Weibchens sehen (Honigtöpfe).

Ich möchte bei dieser Gelegenheit bemerken, daß das Weibchen nach dem Auschlüpfen der ersten Gruppe von Arbeiterinnen noch keine Wachsbauten anfertigt: es baut keine Honigtöpfe, macht keinen Aufbau an den leeren Kokons u. s. w. Dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß schon zu dieser Zeit seine Drüsen Wachs ausscheiden. Nur wird eben dieses erste Wachs lediglich zum Einreiben der Waben und verschiedener anderer Teile des inneren Nestes verwendet, indem es gleichsam als ein Bindemittel dient, durch das die leblosen wie die lebenden Bestandteile des Volkes fest miteinander verbunden werden.

Die Verbesserungen, welche ich an der Betheschen Hypothese angebracht habe, scheinen mir ein gewisses Licht auch über andere Vorgänge im Leben der Hummeln (und wahrscheinlich der Bienen) zu verbreiten.

Durch sie wird erklärt, woher die Fähigkeit zum Erkennen bei im Zwinger gehaltenen Hummeln allmählich abnimmt: einerseits wird die Lebenstätigkeit der Hummeln in der Gefangenschaft überhaupt herabgesetzt, und damit auch ihre Neigung, auf den spezifischen Reiz zu reagieren; andererseits nimmt auch die Intensität des Reizes infolge der verminderten Tätigkeit der Königin ab. Immerhin bleibt, solange die Königin anwesend ist und an dem Leben des Stockes Anteil nimmt, dessen Gesamttätigkeit und damit auch die Fähigkeit des Erkennens nahe der Norm. Sobald jedoch das Weibchen zu Grunde geht oder seine Tätigkeit (das Begehen der Waben, das Bebrüten) einstellt, so wird die Quantität der von ihm ausgeschiedenen Substanz immer geringer und geringer; die Hummelarbeiterinnen haben immer weniger Gelegenheit, die Substanz mit den Beinen zu berühren und, indem sie ihren Körper reinigen, die denselben bedeckenden Härchen damit einzuschmieren. Hieraus resultiert eine immer schwächer werdende Fähigkeit zum Erkennen; fehlt die Substanz jedoch vollständig, so findet kein Erkennen mehr statt. Und das ist, vom biologischen Gesichtspunkte aus betrachtet, auch selbstverständlich; denn im entgegengesetzten Falle müßten ja alle aus dem Kokon geschlüpften Hummeln einander als Fremde betrachten und umbringen. Wir haben dagegen gesehen, daß die soeben aus dem Kokon geschlüpften Individuen einer bestimmten Spezies in allen Nestern ihrer Art als Angehörige anerkannt werden. Es ist augenscheinlich, daß der Instinkt, von dem die Hummeln geleitet werden, indem sie Individuen der gleichen Art, welche sich den Geruch des betreffenden Nestes noch nicht angeeignet haben, als die Ihrigen anerkennen, — dauerhaft fixiert sein muß.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch bemerken, daß das Anerkennen einer eben aus dem Kokon geschlüpften Hummel ebenfalls gegen die Hypothese von Bethe spricht, wonach alle Glieder einer Familie befähigt wären, eine gleichartige chemische Substanz aus-

zuscheiden; wäre dem so, so müßten ja die Hummeln, die soeben erst aus den Kokons eines Nestes geschlüpft sind, in einem anderen Neste als Fremde angesehen werden.

Auf Grund der von mir gegebenen Erklärung wird es ferner unbegreiflich, warum eine Hummel, nachdem sie auf den Waben eines fremden Nestes herumgewandert ist, von den Bewohnerinnen dieses Nestes als eine der Ihrigen anerkannt wird: sie hat offenbar bereits Gelegenheit gehabt, sich mit dem Wachs einzuschmieren, das von der Königin des Nestes ausgeschieden worden ist und die betreffende Familie charakterisiert.

Meine Erklärung macht uns auch die Unversöhnlichkeit zweier Königinnen untereinander begreiflich, die andauert, so lange man beide in einem Neste hält: eine jede von ihnen scheidet eine ihr (dem Geruche nach) ausschließlich eigentümliche Substanz aus.

Sie macht es ferner begreiflich, warum verschiedene Individuen eines Nestes Fremdlinge nicht in gleich energischer Weise verfolgen: je mehr sich eine Hummel an ihr Nest hält, desto stärker wird sie von dessen Geruch durchdrungen, desto feindseliger wird sie von fremden Nestern empfangen und desto leichter erkennt sie selbst Fremdlinge.

Endlich macht meine Erklärung noch die biologische Rolle selbst begreiflich, welche die Königin in der Hummelfamilie spielt, sowie die Unmöglichkeit, diese Königin durch ein anderes Individuum der Familie zu ersetzen.

Fragen wir nach alledem, wie das gegenseitige Erkennen der Glieder einer Hummelfamilie untereinander zu beurteilen ist, so lautet die Antwort: es handelt sich dabei um einen Instinkt, der durch die Ausscheidung eines speziellen, nur der Königin allein eigentümlichen, duftenden Wachses geweckt wird. Dieses Wachs ist bei jedem Weibchen — der Begründerin der betreffenden Hummel-, „Gemeinde“ — verschieden geartet. Indem das Wachs bei den unaufhörlichen Bewegungen des Weibchens die Waben und alle Gegenstände des inneren Nestes bedeckt, gelangt es notwendig auf den Körper aller umherlaufenden, dann wieder den Leib mit den Beinen reinigenden Familienglieder. So wird ein gleicher, genau präzisierter Geruch allen Gliedern der Familie mitgeteilt; und dieser dient ihnen als Mittel, die Ihrigen von Fremden zu unterscheiden.

Es muß noch hinzugefügt werden, daß das Wachs des Weibchens den ihm eigentümlichen Geruch begreiflicherweise nicht eine unbegrenzt lange Zeit hindurch von sich geben kann. In der Tat stellte ich fest, daß ein weiseloses Volk, das ja keine frischen Vorräte des duftenden Wachses mehr erhält, seinen Erkennungsgeruch verliert; — zuletzt in solchem Maße, daß eine fremde Königin das fremde Volk und die fremden Waben als ihre eigenen annimmt, wenn dieselben lange Zeit hindurch ihrer Königin beraubt waren.

Von der Sprache des Geruchssinnes wollen wir nunmehr zu der Sprache des Gefühls im eigentlichen Sinne übergehen. Ich sage im eigentlichen Sinne, weil ja der taktile Geruch der Hummeln dem Gefühl im wesentlichen nahe steht.

2. Die Sprache des Gefühlssinnes.

Ich beginne mit einer Tatsache, wie sie von mir gleich nach der Beobachtung notiert wurde.

Um 9 Uhr Abends (im Monat Juni) brachte ich ein Nest von *Bombus terrestris* aus dem Walde nach Hause. Ein Teil der Hummeln befand sich in dem Neste, in Gesellschaft

des Weibchens, welches die Waben keinen Augenblick verließ, die übrigen in zwei Drahtkäfigen. Die Hummeln waren schläfrig und saßen ruhig an ihren Plätzen; meine Bemühungen, dieselben in einem gemeinsamen Käfig zu vereinigen, führten zu keinem Resultate, weshalb ich sie einzeln mit einer Pinzette herübersetzen mußte. Hier, an dem neuen Orte, beruhigten sie sich bald und ließen sich von neuem auf ihren Plätzen nieder. Darauf stellte ich den Käfig beiseite, und begann das Nest von der Erde zu reinigen, womit dasselbe unterwegs beschmutzt worden war. Die in dem Neste befindlichen Hummeln wurden unruhig und begannen zu summen. Ich fuhr in meiner Arbeit fort und setzte, als ich damit fertig war, den Käfig so auf das Nest, daß die darin befindlichen Hummeln am nächsten Tage bequem in das letztere hinübergangen konnten. Das Weibchen hatte während dieser ganzen Zeit sehr erregt im Neste gearbeitet; als der Käfig auf das Nest gestellt wurde, verfügte es sich von den Waben nach außen und ließ, auf einem Flecke stehend, nacheinander mehrere durchdringende Laute mit den Flügeln ertönen. Gleich darauf verschwand das Weibchen wiederum zwischen den Waben, während die Hummeln (wenigstens ein großer Teil derselben) in dem Käfig in Bewegung geriethen und einige derselben in das Nest hinabstiegen.

Dieses war meine erste Beobachtung bezüglich der Sprache des Gefühlssinnes. Nachher bin ich mehrfach Zeuge einer gleichen Erscheinung gewesen; jedesmal im Momente



Fig. 126.

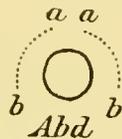


Fig. 127.



Fig. 128.

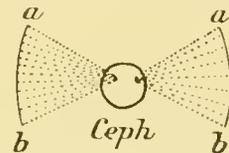


Fig. 129

der höchsten Gefahr, wenn das Weibchen z. B. mit den Waben zusammen aus dem Neste genommen wurde, begann dasselbe sich unruhig auf den Waben hin und her zu bewegen, worauf ich dieselben eigenartigen Töne ihrer Flügel hörte und sogleich eine energische Bewegung der Arbeiterinnen behufs Verteidigung des Nestes bemerkte, eine Bewegung, welche eine ganz augenscheinliche Antwort auf den „Herbeiruf“ des Weibchens darstellt. Diesen Ton produziert das Weibchen, indem es seinen Flügeln eine besondere Lage gibt und dieselben in mehreren Absätzen, d. h. mit regelmäßig aufeinanderfolgenden Unterbrechungen, bewegt, wobei es auf einem Flecke stehen bleibt. Die Flügel beschreiben dabei am Abdomen einen kleinen Bogen und zwar auf ganz andere Weise und bei einer anderen Stellung (Fig. 126 und 127), als dies während des Fluges der Fall ist. In ersterem Falle beschreiben die nach hinten gerichteten Flügel, wie dieses aus der Fig. 126 zu ersehen ist, die Bögen a—b, welche nicht den Radien eines Kreises entsprechen, dessen Mittelpunkt der Cephalothorax darstellt, sondern vielmehr um die Wölbung des Abdomens erfolgen (Fig. 127); bei dem Fluge dagegen sind die Flügel fast unter einem rechten Winkel gegen den Cephalothorax gerichtet (Fig. 128) und beschreiben ihre Bögen längs den Radien eines Kreises, dessen Ebene mit einem Querschnitt durch den Cephalothorax an der Befestigungsstelle der Flügel übereinstimmt (Fig. 129); das Abdomen befindet sich hierbei außerhalb der Fläche der Flügelbewegung.

Dies ist eine Reihe der Tatsachen, welche mich auf den Gedanken brachten, daß die Hummelweibchen die Fähigkeit besitzen, den übrigen Gliedern der Familie Nachricht von einer dem Neste drohenden Gefahr zu geben, und daß die Flügel als Organ für diese Mitteilung dienen. Eine andere Kategorie von Tatsachen, welche mich in meiner Vermutung bezüglich der von den Flügeln gespielten Rolle bestärkte, besteht in folgendem.

Eines Tages entstand um 2 Uhr Mittags in einem ruhig seinen Geschäften nachgehenden Stocke von *Bombus lapidarius* ein furchtbarer Tumult; es begann ein rasendes Summen und ein Hin- und Herlaufen der ganzen Bevölkerung auf den Waben. Dies dauerte 3—4 Minuten, worauf sich alles wieder beruhigte. Den Urheber dieses plötzlichen Alarms konnte ich nicht feststellen, allein zweifellos war es irgend ein Feind. — Wie wurde nun diese Unruhe auf alle weiterverbreitet? Die Hummeln flogen nicht, sie liefen auf den Waben herum, indem sie ihren Flügeln, mit welchen sie summten, eine Lage gaben, welche zwischen der von mir für das Weibchen beschriebenen und der gewohnten Lage der Flügel beim Fliegen die Mitte hielt (Fig. 130). Durch diese besondere



Fig. 130.

Lage der Flügel wird natürlich auch der besondere, von den Hummeln produzierte Laut erklärt. Dieser Laut erlitt keine Unterbrechungen, wie wir dies in den Fällen sehen, wo das Weibchen von einer Gefahr in Kenntnis setzt, sondern dauerte ununterbrochen während der ganzen Beunruhigung an.

Ed. Hoffer teilt eine in diesem Sinne sehr interessante Tatsache mit, deren Bedeutung er jedoch in keiner Weise abzuschätzen versucht. Bei der Beschreibung des Verhaltens der Hummeln gegenüber den in ihren Nestern erscheinenden *Psithyrus* sagt er unter anderem, daß diese Erscheinungen bei *Bombus pomorum* am allerdeutlichsten zu beobachten sind, indem diese Hummeln bei dem Eindringen irgend eines *Psithyrus* dermaßen im Neste herumlaufen und summen, daß sie selbst in den benachbarten Nestern Unruhe hervorrufen. Hoffer teilt nur die Tatsache mit, ohne sie weiter zu erörtern, und doch ist sie äußerst lehrreich: was hörten die tauben Hummeln der benachbarten Nester und auf welche Weise hörten sie es? Denn daß die Hummeln taub sind, und zwar völlig taub für Laute aller Art, diese Tatsache unterliegt keinem Zweifel: ich habe in dieser Richtung eine Menge von Versuchen angestellt und kann dies in positivster Weise bestätigen.

Zu den oben beschriebenen kommt noch eine Erscheinung, die ich das Bewachen nennen möchte, wenn in dieser Erscheinung auch nur die geringste Regelmäßigkeit in Bezug auf Reihenfolge und Zeit zu Tage treten würde. Es handelt sich darum, daß sich auf dem Dache des Nestes sowie an den Eingängen in dasselbe Tags und Nachts sehr häufig 1, 2, 3 oder mehr Hummeln aufhalten; bisweilen jedoch, z. B. bei kaltem Wetter, sind die Hummeln nicht an ihren Plätzen. Offenbar hat sich das Bewachen bei den Hummeln nicht als ein spezieller Instinkt herausgearbeitet, allein alle Bedingungen zum

Entstehen eines solchen Instinktes sind bereits vorhanden: die Glieder der Familie sammeln sich aus irgend einem Grunde nicht unbedingt alle im Inneren des Nestes, sie halten sich auch auf demselben und über ihm, bisweilen (in der Freiheit) um 35 cm höher auf. Auf einem Neste von *Bombus lapidarius* (in der Gefangenschaft) habe ich auf dem Dache des Nestes im Verlaufe eines ganzen Monats jede Nacht 3—8 Individuen beobachtet. Bei der geringsten Gefahr beginnen sie unruhig zu summen und auf diese Töne hin erscheinen neue Hummeln aus dem Neste.

Aus allen diesen Tatsachen und anderen, analogen, glaube ich den Schluß ziehen zu können, daß bei den Hummeln die Flügel die Rolle des Gehörorganes übernehmen (durch Konsonanz), und daß ihr Gehör genau genommen ein Fühlen auf die Entfernung ist.

Zu welcher Art von Mitteilungen sind denn nun die Hummeln vermittelt dieses Sprechorganes befähigt, oder können sie etwa alle Arten von Flügelschwingungen in solcher Weise aufnehmen?

Die erste Frage wird durch die zu meiner Verfügung stehenden Tatsachen in ganz bestimmter Weise dahin beantwortet, daß die Hummeln mit Hilfe ihrer Flügel nur von drohender Gefahr und von nichts anderem Kunde geben können.

Die zweite Frage — über die Art der Flügelschwingungen, welche reflektorische Handlungen nach sich ziehen — beantworten die Tatsachen mit der gleichen Bestimmtheit dahin, daß die Hummeln bei weitem nicht auf alle Arten solcher Schwingungen reagieren.

Es gibt in dem von den Flügeln hervor-
gebrachten Tone eine Menge von Abstufungen, welche entweder auf der Lage des Körpers zu der Richtung der Vorwärtsbewegung (Fig. 131) oder aber darauf beruhen, ob die Hummel sich erhebt oder herabfliegt, oder endlich auf dem höheren oder geringeren Grade von Erregung u. s. w. Alle diese Abstufungen kann ich, ohne mich zu irren, unterscheiden und erkennen; die Hummeln dagegen unterscheiden dieselben gar nicht, und schenken ihnen keinerlei Beachtung. — Hierfür einige nähere Beweise.

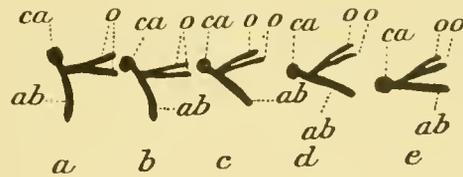


Fig. 131.

1) Drückt man eine Hummel, die sich auf den Rücken fallen ließ, um einen Feind anzugreifen, mit einem Bleistifte nieder, so beginnt sie mit ihrem Stachel nach dem Bleistifte zu stoßen und verzweifelt zu summen, allein keine einzige der übrigen Hummeln schenkt diesen Tönen auch nur die geringste Beachtung. Versuche dieser Art ergaben stets das gleiche Resultat.

2) Faßt man eine Hummel mit der Pinzette, so summt sie auf eine andere Weise; allein auch auf diesen Ton hin antwortet keine einzige Hummel durch irgend welche Handlung. Dasselbe Verhalten habe ich auch bei Bienen und Wespen beobachtet, wenn sie in das Zimmer geflogen kamen, um von dem den Hummeln als Nahrung angebotenen Honig zu naschen.

3) Soviel der „Trompeter“ auch trompeten mag, es wird der Ton seiner Flügel doch weder einen Alarm, noch Nachahmung, noch irgend welche Beachtung hervorrufen.

4) Befindet sich eine Hummel in schwieriger Lage, etwa wenn sie mit einer Last, die sie nicht zu heben vermag (z. B. einer großen Larve) aus einer Schachtel herauszufliegen versucht, so läßt sie ganz bestimmte unterbrochene Laute ertönen, allein soviel sie auch summen mag, so wird sie doch niemandes Aufmerksamkeit erregen, obgleich ich, zum Beispiel, diesen spezifischen Laut ausgezeichnet erkenne und allemal ohne mich zu irren mit einem geeigneten Gegenstande herantrete, um Hilfe zu leisten.

5) Das Summen der Hummeln beim Hereinfliegen in das Nest, oder das mehr oder weniger lang anhaltende Summen, das sie hören lassen, wenn sie vor der Eingangsöffnung des Nestes im Kreise herumfliegen, — beides charakteristische Töne, — rufen niemandes Beunruhigung hervor, obgleich diese Laute — namentlich bei großen Weibchen — außerordentlich kräftig zu sein pflegen.

6) Besonders auffallend ist das vollständig indifferente Verhalten der Hummeln den Tönen gegenüber, welche die Glieder ihrer Familie bei normaler Flügelstellung während der absoluten Ruhe ertönen lassen. Diese Töne werden kläglich genannt: sie sind gleichzeitig auch sehr zart. Was bezwecken diese „kläglichen Töne“, wenn doch die Glieder der gleichen Familie diese Töne nicht einmal hören und niemals auf dieselben reagieren?

Wodurch lassen sich nun alle diese Erscheinungen erklären?

Es ist mir nicht möglich gewesen, die Methode zur Untersuchung der Flügelbewegung anzuwenden, von welcher Robert von Lendenfeld in seiner Arbeit „Beitrag zum Studium des Fluges der Insekten mit Hilfe der Momentphotographie“ (Biol. Centralbl. Bd. XXI, No. 6) Mitteilung macht; ich kann mich daher nicht darüber aussprechen, ob die Flügel der Hummeln durch Konsonanz bei jeder Art ihrer Bewegung und in jeder Stellung mitschwingen können. Einstweilen sprechen die Tatsachen dafür, daß sich bei den Hummeln die Fähigkeit herausgebildet hat, nur auf ganz bestimmte Flügeltöne in entsprechender Weise zu reagieren. Die übrigen Töne dagegen rufen bei ihnen keinerlei Reaktion hervor, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Weil unter allen Fällen, von welchen die Hummeln einander „Mitteilung machen“ könnten, nur diejenigen für das Gedeihen der Art von Wichtigkeit sind, wo ein Feind auftritt. Darin findet natürlich auch der Umstand seine Erklärung, daß das einzige in dieser Sprache zu übermittelnde und den Hummeln verständliche Wort des Hummellexikons das Wort „Feind“ oder „Gefahr“ ist.

2) Weil alle übrigen Nuancen der mit den Flügeln hervorgebrachten Töne die Hummeln von solchen Erscheinungen benachrichtigen, welche nur dann eine Reaktion hervorrufen könnten, wenn gewisse psychische Elemente, wie Mitgefühl, Altruismus, gegenseitige Hilfeleistung vorhanden wären, d. h. Fähigkeiten, die bei den Hummeln nicht zu finden sind.

Wie dem nun auch sein mag, so können die Hummeln einander doch nur von drohender Gefahr und sonst von nichts anderem mit den Flügeln Mitteilung machen, obgleich die Abstufungen der bei der Bewegung der Flügel hervorgebrachten Töne eine ganze Seite von Noten ausmachen könnten: diese übrigen Töne erklingen, wie vieles andere in der Harmonie der Natur, nämlich ohne Zweck, ohne irgend jemandem etwas zu sagen, als nur dem mit Ohren zum Hören begabten Menschen.

Das gesamte Lexikon der Hummeln beschränkt sich also auf drei „Worte“:

Wort	Organ des Hervorbringens	Organ des Empfangens
1. „Gefahr“	Flügel	Flügel
2. „Hinweis auf den Ort, wo eine Arbeit stattfinden soll“	Abdomen	Fühler
3. „Unstig“ oder „Fremd“	Jeder Gegenstand des Nestes	Fühler

Es bleibt nun noch die Frage zu beantworten, inwieweit eine derartige „Sprache“ dazu berechtigt, die Hummeln den einsam lebenden Insekten als eine Gruppe von Geschöpfen mit komplizierteren und höherstehenden psychischen Eigenschaften gegenüberzustellen.

Vor allem will ich bemerken, daß bei der Aneignung und Benützung dieser Sprache weder Vernunft, Verständnis, Erlernung, noch Erfahrung auch nur die geringste Rolle spielen. So ist die Flügelsprache des alten Weibchens den Arbeiterinnen bekannt, die sie in dem normal entwickelten Neste doch noch nie gehört haben; denn das Weibchen läßt dieselbe nur in Fällen äußerster Gefahr vernehmen, die es selten überlebt. Dabei „verstehen es“ aber die jungen Weibchen, welche diese Sprache nie gehört haben, dieselbe von sich zu geben, und die Arbeiterinnen sind im stande, sie zu verstehen. — Dasselbe gilt für die Anweisung des Ortes zur Gründung eines neuen Nestes.

Was das Erkennen der „Ihrigen“ mit Hilfe der Fühler betrifft, so kann nach den diesbezüglichen Versuchen von Bethe an Ameisen wohl kaum davon die Rede sein, daß dieser Akt völlig instinktiver Natur, d. h. erblich überliefert ist, ganz ohne Erlernung und Erfahrung ausgeübt wird und ohne die geringste Vorstellung von dem Zwecke der ausgeführten Bewegungen und Handgriffe erfolgt.

Eine andere Frage besteht darin, ob diesen Instinkten solche Fähigkeiten innewohnen, welche nur das Produkt der Geselligkeit darstellen und bis zu einem gewissen Grade sogar die Geselligkeit bedingen würden? Indem Wundt¹ bezüglich dieser Frage ausführt, „daß die Erscheinungen des geselligen Lebens ein deutliches Zeugnis ablegen für das Vorhandensein einer Sprache bei den Ameisen, Bienen und Termiten“, fügt er hinzu, daß eine Sprache nur auf einer ziemlich hohen Stufe psychischer Entwicklung möglich sei, als deren Produkt sie anzusehen ist.

Wir haben gesehen, was die Sprache der Hummeln darstellt und was sie ihrem Wesen nach bei den übrigen gesellig lebenden Tieren darstellen kann, welche noch eines genaueren Studiums bedürfen. Was wir nun gesehen haben, unterscheidet diese Sprache in psychologischer Hinsicht durch nichts von den zahlreichen Vorrichtungen bei den einsam lebenden Insekten, — während einige solcher Vorrichtungen bei diesen letzteren, wie zum Beispiel die Organe zur Hervorbringung von Tönen und zu deren Aufnahme bei den Orthopteren, sogar einen höheren Grad der Vollkommenheit erreicht haben.

Man wird mir vielleicht darauf erwidern, daß die Reaktion der Hummeln auf einen durch die Flügel erhaltenen Reiz eine Tätigkeit zur Folge hat, die nicht nur für das eine Hummelindividuum, sondern für die ganze Gemeinde und deren Wohlergehen zweckmäßig ist, wobei die Hummel, nach diesem Wohlergehen strebend, wenigstens instinktiv an einem Werke von sozialer

¹ Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele.

Bedeutung teilnimmt. — Dieser Punkt ist aber ebenso zweifelhaft, wie das Zulassen einer sozialen Bedeutung bei den Bewegungen des Abdomens eines Weibchens, durch welche den Arbeiterinnen die Arbeit angewiesen wird. In beiden Fällen ist nicht mehr Soziales zu finden, als bei dem Nestbau vieler einsam lebender Bienen. Die Weibchen vollbringen doch ihre Arbeit auch dann, wenn sie gänzlich vereinsamt sind und gar keine Arbeiterinnen mehr besitzen; ebenso setzen die Arbeiterinnen ihre Arbeit auch ohne Weibchen fort. Der ganze Unterschied besteht nur darin, daß in letzterem Falle die Arbeit den Stempel des Ungeordneten tragen wird: an dieser Arbeit wird noch deutlicher zu erkennen sein, daß die Hummeln, trotzdem sie zusammen und gemeinsam arbeiten, im Grunde genommen doch eine jede einzeln für sich und auf eigene Gefahr arbeitet. Die Anwesenheit des Weibchens, in dessen Nähe sie sich aufhalten, schafft Einheit und Zusammenhang zwischen den Hummeln; allein auch diese Einheit und dieses Band sind für die Hummeln nicht subjektiver, sondern objektiver Natur. Die Elemente subjektiver Einheit werden den Hummeln von solchen Beobachtern zugeschrieben, die größtenteils die Möglichkeit des Vorhandenseins eines solchen rein äußerlichen, die getrennte Arbeit verbindenden Stimulus nicht einmal ahnen und aus diesem Grunde die Quelle der Einigung in der Psychologie suchen.

Was nun endlich das Erkennen der Ihrigen mit Hilfe der Fühler betrifft, so kann ich über diesen Punkt nur sagen, daß von allen „Worten der Hummelsprache“ dieses am wenigsten dazu geeignet ist, das Vorhandensein von psychischen Eigenschaften bei diesen Insekten zu beweisen, die in irgend welcher Beziehung die Fähigkeiten der einsam lebenden Insekten überträfen. Denn auch diese letzteren besitzen die Fähigkeit, ihr Nest von einem fremden selbst dann zu unterscheiden, wenn dasselbe dicht bei den Nestern anderer Individuen der gleichen Art angelegt wurde. Auch ihnen sind die Worte „Feind“, „die Unsrigen“ oder „ein Fremder“ wohlbekannt; der ganze Unterschied besteht nur darin, daß diese Begriffe auf verschiedene Art und Weise und von verschiedenen Naturobjekten ausgedrückt und daher auch von den Insekten in verschiedener Weise aufgenommen werden.

Eine derartige, im psychologischen Sinne völlig identische Erscheinung finden wir sogar bei einer Art der Spinnen, dieser typischen solitären Arthropoden. *Theridium pictum* verläßt (siehe „L'Industrie des Araneinae“) schleunigst ihr Nest und überläßt ihre Jungen ihrem Schicksale, sobald sich ihr Todfeind, ein kleiner *Pompilus*, längs eines Fadens des Gewebes nähert. Die Spinne flieht vor diesem kleinen Feinde, obwohl sie die zehnmal größere und stärkere *Apis mellifica* furchtlos angreift. In der Sprache der klassischen Methode zur Lösung solcher Fragen ausgedrückt wäre der psychische Hergang der folgende: Die Spinne hat die Annäherung des Feindes erkannt, und da sie gleichzeitig weiß, daß dieser Feind nur ihr selbst, nicht aber ihrer Nachkommenschaft (die er nicht angreift) gefährlich ist, so hat sie es vorgezogen, sich aus dem Staube zu machen. Nach unserer Ausdrucksweise dagegen stellt dieser Prozeß einen blinden Instinkt dar, der eine durch die Auslese erblich fixierte bestimmte Reaktion auf einen bestimmten Reiz der Gefühlsorgane darstellt, und nichts anderes. Denn man kann nicht etwas „erkennen“, was man noch nie gesehen hat und wovon man also nicht den geringsten Begriff hat, — und die Spinne kann keinen Begriff

von diesem ihrem Feinde haben, da sie den Versuch, ihn zu erhalten, mit dem Leben bezahlt haben müßte.

Hier werden die Sinnesorgane unmittelbar durch den Feind gereizt, bei den Hummeln dagegen durch Vermittelung des Weibchens, allein im wesentlichen bleibt die Erscheinung hier wie dort die gleiche, wenn man berücksichtigt, daß das Weibchen seinen „Ruf“ auch dann ertönen läßt, wenn absolut niemand herbeizurufen ist.

Kapitel VIII.

Veränderungen in den sozialen Instinkten

während der Periode des Zugrundegehens des Hummelvolkes mit Eintritt der Wintermonate, sowie unter der Einwirkung der Gefangenschaft.

Inhalt des Kapitels: Zugrundegehen des Hummelvolkes vor dem Eintritt der Wintermonate. Tagebuch über ein solches Volk, von September bis Mitte Oktober, d. h. bis zum Untergang der letzten Individuen. Systematische Veränderungen der Instinkte während dieser Periode im Leben der Hummeln. Beobachtungen über den Zerfall des Hummelvolkes unter der Einwirkung der Gefangenschaft. Die Veränderungen der Instinkte unter solchen Bedingungen erweisen sich als identisch mit denjenigen Veränderungen, welche bei den Hummeln während ihres Zugrundegehens am Ende des Herbstes beobachtet werden. Durch die Tatsachen dieser beiden Kategorien wird bewiesen: A) daß in beiden Fällen die Veränderungen der Instinkte in der Aufhebung (dem Ausfall) einiger ihrer Teile bestehen; B) daß dieses Wegfallen in der chronologischen Reihenfolge ihres Auftretens vor sich geht und endlich C) daß weder Bewußtsein, noch Vernunft, selbst wenn eine solche bei den Hummeln angenommen werden könnte, auch nur den geringsten Anteil an diesen Veränderungen haben.

Ich will zuerst diejenigen Tatsachen mitteilen, die ich in der Periode des Zugrundegehens der Hummelvölker vor dem Eintritt der Wintermonate beobachtet habe, und darauf andere anführen, die ich bei dem Zerfall der Hummel-„Familie“ unter der Einwirkung des Lebens in der Gefangenschaft feststellen konnte. Die betreffenden Vorgänge sind, wie wir sehen werden, nicht nur analog, sondern identisch. Der ganze Unterschied zwischen ihnen besteht nur darin, daß die Vorgänge im zweiten Falle langsamer, im ersten Falle aber bedeutend rascher erfolgen, wodurch sie natürlich bisweilen weniger deutlich und weniger augenscheinlich werden.

Da das Absterben vor dem Eintritt der Wintermonate bei allen Hummelarten annähernd in der gleichen Weise vor sich geht, so will ich die Darlegung dieses Prozesses mit den Auszügen aus dem Tagebuch über ein Nest von *Bombus lapidarius* vom 9. September beginnen, obgleich die Tätigkeit der Hummeln schon von Mitte August an Züge aufzuweisen beginnt, welche auf die das Leben des Hummelvolkes bedrohende Katastrophe hinweisen.

9. September.

Auf dem dargebotenen Honig befinden sich keine Hummeln. Alle sitzen im Neste; es ist weder Bewegung noch Leben zu bemerken, nur bei Beunruhigung des Nestes verlassen die Hummeln dasselbe unter Summen und begeben sich auf das Dach, bereit, das Nest zu verteidigen. Die Bewegungen sind um diese Zeit überhaupt, sowohl qualitativ als quantitativ, geringer geworden.

11. September.

Das vegetabilische, das Nest bedeckende Material (Fig. 132×) wurde von einigen Hummeln hinweggeschafft; so zeigten sich entblößte Stellen des Wachsdaeches (Fig. 132 p.n.); diese kahlen Stellen wurden von anderen Hummeln ausgebessert, dann aber wieder von anderen von neuem entblößt; die Sinnlosigkeit der Arbeit trat deutlich zu Tage.

13.—15. September.

Wachs wird von den Hummeln fast bis zu den letzten Tagen ihres Lebens weiter produziert. Sie verstärken damit das Dach, auf welchem infolgedessen Knollen entstehen, oder aber sie lassen es unverwendet. Die Wachsabfälle häufen sich an verschiedenen Stellen des Nestes an; ich habe deren in ziemlich bedeutender Menge auf dem Honige gesehen, wohin sie an den Beinen verbracht worden waren.

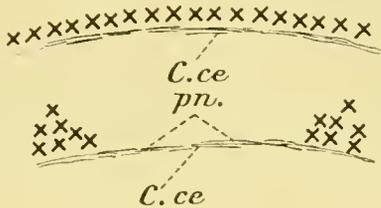


Fig. 132.

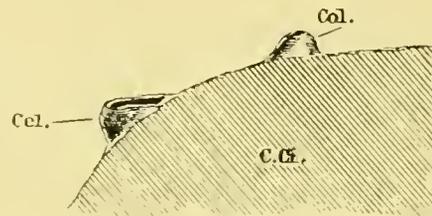


Fig. 133.

Sehr häufig beginnen die Hummeln Zellen zu bauen, was sowohl in Bezug auf den Ort, wo diese angelegt werden, z. B. über dem Dache (Fig. 133 cel.), wie auch aus dem Grunde, weil sie niemals mit Honig gefüllt werden, vollständig sinnlos erscheint, um so mehr, da noch viele alte Zellen leer bleiben. Dieser letztere Umstand beweist unter anderem in ausgezeichneter Weise, daß die Hummeln sich der Zwecke ihrer Handlungen nicht bewußt sind.

16. September.

Um einen Teil der Waben mit dem darauf befindlichen Deckel vor Parasiten zu retten, mußte ich dieselben aus dem Stocke herausnehmen, da die Zahl der die inneren Teile des Nestes zerstörenden Parasiten von Anfang August an bedeutend zunimmt.

17. September.

Bei Berührung des Nestes verläßt eine kleine Anzahl von Arbeiterinnen dasselbe zu dessen Verteidigung, wobei diejenigen, die heraustreten, nur schwach summen; der Ton, den die Hummeln von sich gaben, erinnerte an das Rauschen von Papier. Die Bewegungen sind sehr schwach geworden, mit Ausnahme des Gehens, das noch ziemlich rasch ist: die Hummeln fliegen gar nicht, selbst wenn man sie durch Berührung mit irgend einem Gegenstande beunruhigt; es kommt vor, daß sie auf diesen Gegenstand heraufklettern, langsam auf demselben herumkriechen und mit den Flügeln schwirren.

Alle Arbeiten haben aufgehört (wenn man von dem Bebrüten durch ein Individuum absieht), ebenso das Einsammeln von Vorräten. Auf dem angebotenen Futter finden sich sehr wenige (1—2) Hummeln ein, und auch dies nicht häufig; meistens bleibt das Futter unbesucht und sein Vorrat nimmt fast gar nicht ab. Es liegt auf der Hand, daß

gleichzeitig mit der Herabsetzung der erwähnten Funktionen, d. h. mit dem Einstellen des Sammelns von Vorräten und der Ausführung von Bauten am Neste, auch das Bedürfnis an Nahrung abnimmt.

18.—19. September. Keine Veränderung.

20. September.

Neben einer angefertigten Zelle, wo sich Hummeln aufhielten, begann sich ein augenscheinlich aus Wachsabfällen bestehendes Hügelchen zu erheben (Fig. 133 col.), in dessen Umgebung drei Hummeln sich außerordentlich eifrig zu schaffen machen. Dieses Hügelchen gleicht seiner äußeren Gestalt nach einer Eierzelle; schließlich begannen die Hummeln dieses Hügelchen wie eine richtige Eierzelle zu bebrüten.

21. September.

Das Bebrüten wird von zwei Hummeln fortgesetzt. Einige andere bauen eine neue Wachszelle, zu welcher sie das Material dem Dache entnehmen, und da diese Zelle verschiedenfarbig ist, so kann man verfolgen, von wo die Hummeln das für dieselbe verwandte Material hernehmen.

Das Dach wird zu diesem Zwecke nach und nach zerstört. Eine Hummel sitzt auf dem Honig, von welchem sie jedoch nicht ißt und welchen sie nicht verläßt. Derartige Erscheinungen treten nicht zum ersten Male auf. In den Reservezellen ist der Honig völlig verschwunden. Sie werden von niemandem mehr bewacht.

22. September.

Auf dem dargebotenen Futter befinden sich keine Hummeln. Überhaupt essen dieselben sehr wenig. Es arbeiten nur vier Hummeln, und zwar immer die gleichen, welche sich gestern und vorgestern auf dem Dache befanden (die Tiere sind gezeichnet). Einige Arbeiterinnen bebrüten (um 2 Uhr Nachmittags) eifrig den Wachshügel, von dem oben die Rede war, und der nichts enthält; er wird bebrütet und gepflegt wie eine Eierzelle. Mit dieser Arbeit beschäftigen sich drei bis vier Hummeln. Um 4 Uhr Nachmittags wies das Wachsdach des Nestes neben jenem Hügel, der bebrütet wurde, sehr merkwürdige Zerstörungen auf: neben der falschen Eierzelle, die von den Hummeln bebrütet worden war, jetzt aber umgestürzt dalag und von niemandem mehr bebrütet wurde, war eine große Öffnung zu sehen; diese letztere machte den Eindruck, als ob das Wachs von hier irgendwo hingeschafft worden wäre. An den Rändern des Loches sind die Spuren der Kiefer zu sehen.

23. September.

Heute wies die Zerstörung der Nestdecke rasche Fortschritte auf; es machte den Eindruck, als würde das Wachs in gewissen Bezirken a, b, c, d (Fig. 134) gefressen.

Zuerst hatte ich die Parasiten im Verdachte, diese Zerstörung verursacht zu haben, und nahm das Nest auseinander, nachdem ich zuvor die Hummeln daraus entfernt hatte. Dies war nicht schwer zu bewerkstelligen, indem keine einzige der Hummeln flog, wäh-

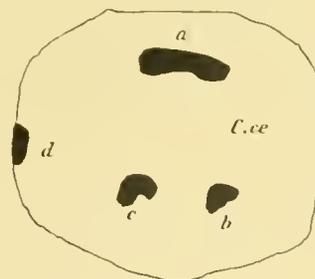


Fig. 134.

rend einige nicht einmal krochen, sondern auf dem Rücken lagen, als wären sie so hingelegt worden. Ein Summen war gar nicht zu hören, die Flügel raschelten nur bei den großen Arbeiterinnen. Das große Weibchen war am muntersten von allen; es kroch noch ziemlich energisch herum und versuchte sogar zu fliegen. Im ganzen waren 10—12 Individuen am Leben geblieben. Unter den Waben des Nestes fand ich auf dem Stroh zwei große Arbeiterinnen und eine Drohne tot daliegend. Dieselben waren jedenfalls nicht vor Hunger gestorben, da Honig in genügender Menge zur Stelle war.

Parasiten waren in großer Anzahl vorhanden, in den Waben waren ihrer jedoch nur wenige; es erwies sich, daß die Decke zweifellos von den Hummeln selbst und nicht von den Parasiten zerstört worden war; Stückchen dieser Decke fand ich neben den Waben liegend.

Die Bedeutung dieses „sonderbaren“, „unbegreiflichen“ Instinktes der Zerstörung, wie die Autoren denselben bezeichnen, werden wir weiter unten erfahren, wenn von der Einwirkung der Gefangenschaft auf das Leben der Hummeln die Rede sein wird.

26.—29. September.

Das Nest wird nicht nur nicht ausgebessert, sondern systematisch immer mehr zerstört. Ziemlich große Stücke des Daches werden abgerissen und einige davon von dem Neste hinweggeschleppt, das eine auf 4½, ein anderes auf 9 cm Entfernung. Die Einwirkung des Lichtes auf die Hummeln erweist sich jedoch als noch bemerkbar. Sie reagieren aber nur außerordentlich schwach darauf.

Der allgemeine Charakter ihrer Bewegungen ähnelt den Bewegungen von Tieren, denen der Kopf abgerissen ist. So versuchte eine der Hummeln infolge meiner absichtlich unvorsichtigen Bewegungen im Neste zu „summen“, wobei sie die für solche Gelegenheiten übliche Stellung einnahm; ein eigentliches Summen fand aber nicht statt, sondern es war nur die entsprechende Stellung und ein schwaches Bewegen der Flügel. Nachdem die Hummel diese Bewegungen einmal begonnen hatte, setzte sie dieselben verhältnismäßig (namentlich in Berücksichtigung ihres Schwächezustandes) ziemlich lange fort und ließ sie dann aufhören.

Eine andere, durch eine bruske Bewegung des Weibchens aufgeschreckte Hummel, ließ sich auf den Rücken fallen, indem sie eine Stellung der bewaffneten Verteidigung einnahm, und blieb in dieser Stellung außerordentlich lange liegen. Die Ursache dieser Bewegungen ist wahrscheinlich dieselbe, wie bei den fortgesetzten Bewegungen der dekapierten Insekten, d. h. eine herabgesetzte Empfänglichkeit für die von außen einwirkenden Reize, wodurch eine einmal eingetretene Reaktion eine unbestimmte Zeit hindurch andauert.¹

4. Oktober.

Die Hummeln begannen abzusterben. Heute lagen vier von ihnen an verschiedenen Stellen des Zwingers, wobei sie kaum mehr ein Lebenszeichen von sich gaben. Sie lagen im Sterben, allein nicht vor Hunger, da eine derselben auf dem Honig starb. Dieser Honig war indessen im Verlaufe von mehr als einer Woche bereits von niemandem mehr berührt worden; diejenige Hummel, die auf dem Honig starb, hatte ich mit anderen dahin gesetzt, aber diese letzteren waren wieder fortgekrochen.

¹ Bemerkung: Siehe W. Wagner, Das Gehirn der Wirbellosen als Lebensorgan. In: Nachrichtenblatt für Psychologie, kriminelle Anthropologie und Hypnotismus. (Russisch.) 1904, Lief. 7, 8.

Als ich die Hummeln auf den Honig herübersetzte, begannen einige von ihnen, wenn auch mühsam zu fressen, andere fraßen nicht einmal auf dem Honige sitzend, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil sie das Gefühl des Hungers verloren hatten, ebenso wie auch alle anderen Empfindungen bei ihnen verloren gegangen waren.

6. Oktober.

Fünf Hummeln sind außerhalb des Nestes gestorben und nur eine hatte nicht die Kraft besessen, die Wabe zu verlassen; vier Hummeln sind noch am Leben. Das Absterben erfolgt bei den Hummeln nach Körperteilen, von vorne nach hinten: zuerst kommt der Kopf daran; die Fühler zeigen zu dieser Zeit bereits gar keine Reaktion auf Reize; dann kommt das vordere Beinpaar an die Reihe, darauf das mittlere Paar und endlich das hintere, das noch ziemlich energisch auf Reize reagiert, während das vordere und das mittlere Beinpaar bereits abgestorben sind. Das Abdomen lebt noch und führt ziemlich energische Bewegungen aus. Heute (am 6. Oktober) wurden die am Leben gebliebenen Hummeln an die Sonne herausgestellt: draußen hat es 12° Wärme, und nach 10—15 Minuten sind sie soweit wieder zu sich gekommen, daß eine derselben sogar begann, die Waben etwas zu verteidigen, indem sie mit den Flügeln schwirrte.

7. Oktober.

Das Wetter hat umgeschlagen. Die Empfindlichkeit der Hummeln ist so gering geworden, daß, als eine von ihnen ein Bein auf dasjenige einer anderen setzte, diese letztere ihr Bein nicht einmal zurückzog.

12. Oktober.

Bis heute war nur noch eine Hummelarbeiterin am Leben geblieben; alle übrigen waren zu Grunde gegangen.

15. Oktober.

An diesem Tage starb das letzte Glied der Familie des Nestes von *Bombus lapidarius* (das Weibchen ausgenommen).

Das große Weibchen dieses Volkes war im Verlaufe der ganzen Zeit bis zum 17. Oktober munter geblieben und bemühte sich an sonnigen Tagen energisch, aus dem Raume, in welchem es sich befand, herauszufliegen.

Beobachtungen, welche an einem Neste von *Bombus muscorum* angestellt wurden, fügten im wesentlichen nichts Neues hinzu. Die letzte Hummel dieses Volkes starb am 16. Oktober, nachdem sie zuvor das Nest verlassen und sich davon so weit als möglich entfernt hatte. Genau dasselbe kann man auch in anderen Hummelnestern beobachten, welche denselben oder anderen Arten angehören.

Dies sind in kurzem die Erscheinungen, von denen das Zugrundegehen des Hummelvolkes vor dem Eintritte der Wintermonate begleitet wird. — Was stellen nun diese Erscheinungen dar, wenn die Instinkte, im allgemeinen gesprochen, keinen Veränderungen (für das Individuum) unterworfen sind, und was sind die Ursachen, welche diese Erscheinungen hervorrufen?

Um diese Fragen zu beantworten, genügen Beobachtungen an Hummeln vor dem Beginne des Winters nicht, indem die zu untersuchenden Prozesse hier zu rasch vor sich gehen und die Erscheinungen in nicht genügend bestimmter Weise klarlegen. Das Material für

das Studium dieser Fragen muß daher durch eine andere Kategorie von Tatsachen ergänzt werden, die dazu angetan sind, den Gegenstand zu erklären. Diese Kategorie von Tatsachen können uns Beobachtungen über das Leben der Hummeln in der Gefangenschaft liefern.

Bevor wir jedoch zu der Besprechung dieser Beobachtungen übergehen, wollen wir aus dem soeben dargelegten Materiale die wichtigsten Schlußfolgerungen, für welche dasselbe als genügende Grundlage dienen kann, ziehen. Wir können diese Schlußfolgerungen in nachstehender Weise formulieren.

Vom Eintritte des Herbstes an treten drei Faktoren mit täglich sich steigender Intensität zu Tage:

a) Die Herabsetzung der Energie, die den Hummeln durch die Sonne mitgeteilt wird, deren Bedeutung für das Leben der Insekten und der kaltblütigen Wirbeltiere eine so ungeheure ist;

b) Die Verkürzung der täglichen Arbeitszeit im Zusammenhange mit dem Kürzerwerden der Tage, und endlich

c) Die Verringerung der Tracht, zum Teil infolge der natürlichen Abnahme der Blumen mit dem Beginne des Herbstes, zum Teil infolge des menschlichen Einflusses auf die Natur (Mähen, Ackern der Brachfelder u. s. w.).

Die normalen Bedingungen für die Existenz der „Familie“ haben eine Störung erfahren. Diese Störung ist aber nicht allein dadurch erfolgt, daß die Menge des Futters geringer geworden ist: wir haben ja gesehen, daß der Untergang eines Volkes auch durch das reichliche Vorhandensein von Honig nicht aufgehalten wird. Die Ursache des Unterganges liegt vielmehr offenbar in der Summe derjenigen Bedingungen, welche die normale Lebenstätigkeit der Hummeln abgeändert haben.

Von diesen Schlußfolgerungen wenden wir uns nunmehr zu dem Leben der Hummel-„Familie“ unter dem Einfluß der Gefangenschaft.

Ich habe bereits weiter oben bemerkt, daß diese Veränderungen der Instinkte in beiden Fällen nicht nur ähnlich, sondern sogar identisch sind. Der ganze Unterschied besteht in der Dauer des Prozesses. Bei einem in der Gefangenschaft lebenden Volke beginnt der Prozeß des Zerfalles mit seinen Begleiterscheinungen in Bezug auf „Veränderungen“ der Instinkte schon lange vor der Zeit, wo diese Vorgänge unter normalen Bedingungen des Lebens beobachtet werden; er geht infolgedessen unvergleichlich langsamer vor sich, und wir erhalten daher die Möglichkeit, diese „Veränderungen“ der Instinkte unter Bedingungen zu verfolgen, welche für die Beobachtung viel günstiger sind.

Beobachtungen über die Veränderung der Instinkte eines Hummelvolkes unter der Einwirkung der Gefangenschaft.

Vor allem muß bemerkt werden, daß die Gefangenschaft an und für sich, d. h. die Überführung des Nestes in einen Zwinger, noch keinerlei Folgen nach sich zieht, und daß das Leben der Hummeln in der gewohnten Weise weitergeht, wenn man ihnen die Möglichkeit bietet, so zu leben, wie sie dies unter natürlichen Bedingungen tun, d. h. indem man ihnen keinen Zwang auferlegt und die Grundbedingungen ihres Lebens nicht antastet.

Diese Bedingungen unverändert zu bewahren, ist jedoch eine recht schwere Aufgabe. So viel wir uns auch bemühen, das Leben der Tiere in der Gefangenschaft demjenigen im Freien möglichst entsprechend zu gestalten, so wird dies doch niemals ganz gelingen, und zwar aus folgenden Gründen: 1) weil die Fähigkeiten der Hummeln und ihre Gefühle nicht zur vollen Ausübung kommen, indem die Umgebung weniger mannigfaltig auf sie einwirkt, ferner 2) weil die Beschaffung der Nahrung viel leichter von statten geht, wenn neben dem Neste Futter aufgestellt worden ist, und infolgedessen die Ausflüge quantitativ abnehmen oder sogar gänzlich eingestellt werden. Auf diese Weise werden, wenn auch nicht alle, so doch einige der Grundfaktoren, die das Zugrundegehen der „Familie“ der Hummeln im Herbst bedingen, künstlich geschaffen.

Besonders wichtig erscheint die Verminderung der Bewegungen, die mit den Ausflügen der Hummeln verbunden sind und für die Tiere eine unbedingte Notwendigkeit darstellen: durch das Fliegen wird der Atmungsprozeß verzehnfacht und dadurch gleichzeitig die Tätigkeit der übrigen vitalen Organe gehoben; indem sie ihre Ausflüge aus dem Neste einstellen, werden sie träge, und wenn der Aufenthalt im Neste einige Tage nacheinander andauert, so sind die Hummeln, die sich für gewöhnlich mit Leichtigkeit von den Waben erheben, hierzu nicht mehr im stande. Sie fallen zu Boden, und erst nach vielen Versuchen aufzufliegen (und infolgedessen auch nach energischer Tätigkeit und damit verknüpfter erhöhter Atmung), wird es ihnen möglich, nachdem sie ihren Körper mit Luft vollgepumpt haben, sich vom Boden zu erheben; häufig fallen sie auch dann wieder nieder, und erst nach erneuten Versuchen gelingt es ihnen endlich, sich bis zur Höhe des Fensters zu erheben und hinauszufiegen.

Gleiche, wenn auch aus verschiedenen Ursachen entstehende Faktoren führen natürlich auch gleiche Resultate herbei: die Verringerung des Zuflusses von Nervenenergie von außen her, die Herabsetzung der Lebenstätigkeit überhaupt während der Gefangenschaft, haben dieselben Folgen, wie sie bei den Hummeln durch die Bedingungen des Herbstlebens sich einstellen. Der Unterschied besteht in der Stärke dieser Faktoren: in der Gefangenschaft wirken sie schwächer, und infolgedessen gehen auch die von ihnen hervorgerufenen Prozesse langsamer vor sich.

Diese Prozesse bestehen nun, wie wir sogleich sehen werden, nicht etwa in Veränderungen der Instinkte — solche habe ich weder bei den Hummeln noch bei anderen Tieren jemals beobachtet¹, sondern in dem Wegfall einiger Bestandteile der kompliziertesten Instinkte.²

Nachstehend einige Tatsachen, die das Gesagte beweisen. Als ich von der Psychologie der Tracht sprach, wies ich unter anderem darauf hin, daß bei dem Zerfalle des Volkes die Honig sammelnden Hummelarbeiterinnen anfangen, die Blumen nicht mehr in der ge-

¹ Die Instinkte sind unveränderlich, — das ist ihre Grundeigenschaft; sie sind natürlich in demselben Sinne unveränderlich, in welchem die morphologischen Merkmale unveränderlich sind. Diese sind beständig für das Individuum und unterliegen Veränderungen bei der Spezies, und es treten hier wie dort, d. h. sowohl im Gebiete der morphologischen Merkmale, wie in demjenigen der Instinkte, dieselben Gesetze in Erscheinung.

² Derartige Reduktionen komplizierter Instinkte unter der Einwirkung der Gefangenschaft sind von mir auch für die Spinnen in meiner Untersuchung über deren Industrie („L'industrie des Araneina“) angegeben worden; bei diesen Tieren wurden Reduktionen in der Gefangenschaft auch in Bezug auf diejenigen Instinkte beobachtet, welche auf die Bewachung und das Aufziehen der Nachkommenschaft gerichtet sind.

wohnten, im Interesse des Volkes produktivsten Ordnung zu besuchen, sondern „aufs Geratewohl“, d. h. in einer nur für den Arbeiter genügend produktiven Art und Weise.

Diese Erscheinung beruht offenbar darauf, daß derjenige Teil des Instinktes, durch welchen die Auswahl einer bestimmten Sorte Blumen von gleicher Färbung und Gestalt bedingt wird, hinweggefallen ist.

Nun wird man wohl kaum daran zweifeln können, daß bei den Vorfahren der jetzigen Hummeln der Instinkt zur Auswahl noch nicht existierte: er war unnötig, indem die solitäre Hummel für sich genug Nahrung finden konnte, wenn sie den Honig wie die Männchen sammelte, d. h. ohne einen Unterschied zwischen den Blumen zu machen aufs Geratewohl von einer Blume auf die andere flog. Die Sache nahm ein anderes Aussehen an, als es notwendig wurde, Honig als Vorrat für die „Familie“ zu sammeln. Jetzt mußten im Kampfe um das Dasein zwischen den Hummelvölkern diejenigen von ihnen das Übergewicht bekommen, bei welchen zu dem primären Instinkte ein neuer Zug hinzukam — die Fähigkeit, bestimmte Blumen oder bestimmte Gruppen derselben auszuwählen.

Sobald nun aber aus irgend welchen Gründen eine Herabsetzung der Arbeitsenergie eintritt, so fällt sofort aus der Summe der die Tätigkeit beim Einsammeln von Nahrung bestimmenden Instinkte derjenige Teil aus, der zuletzt erworben worden ist; es ist dies eine Erscheinung, wie sie auch bei gewissen pathologischen Prozessen des Gehirns bei höheren Tieren und dem Menschen beobachtet wird, wenn die chronologisch späteren funktionellen Erwerbungen dieses Organes verloren gehen. Die geschwächten Hummeln beginnen also wieder die Blumen ohne Einhaltung irgend einer Reihenfolge zu besuchen.

Die nächste Folge dieser Veränderung besteht darin, daß fortan die Hummeln nicht nur mit „leeren Händen“, sondern bisweilen geradezu hungrig nach Hause zurückkehren; die Folge davon wieder ist der Ausfall eines anderen Instinktes: Nahrungsvorräte werden von den Feldblumen in ungenügender Menge oder auch gar nicht mehr gesammelt. Damit nicht genug: gibt man den Hummeln kein Futter, so beginnen sie die eigenen Vorräte in den Waben zu vertilgen, welche im Laufe des Tages, wie wir wissen, sorgfältig bewacht werden. Und auch hierbei bleibt der Prozeß noch nicht stehen. Denn indem die Hummeln der Möglichkeit beraubt sind, Vorräte anzuhäufen, und darum „zu Hause“ öfters hungern müssen, werden auch die Arbeiten im Neste, d. h. dessen Reinigung und Ausbesserung, die Pflege der Larven, entweder in bedeutendem Maße abgeschwächt oder aber ganz eingestellt. — Es braucht eben nur einer jener Instinkte, welche den Charakter des sogenannten „sozialen Instinktes“ tragen, wegzufallen, um auch den Wegfall einer ganzen Reihe anderer, von ihm bedingter Instinkte als unvermeidliche Folge nach sich zu ziehen.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, wird auch jene „rätselhafte“ Erscheinung aus dem Leben der gesellig lebenden Insekten verständlich, welche die Autoren als den „unbegreiflichen“ Instinkt der Zerstörung beim Eintritt des Winters bezeichnen.

Wie natürlich von vorne herein zu erwarten war, enthält dieser Instinkt nichts Unbegreifliches oder Geheimnisvolles, und die Sache läßt sich bei den Hummeln auf eine sehr einfache Weise erklären. Die Herabsetzung der Tätigkeitsenergie der Hummeln übt ihre Wirkung, wie ich bereits gesagt habe, zuerst auf das Einsammeln der Nahrung, sodann (unvermeidlich) auf verschiedene andere Seiten der Tätigkeit und darunter auf die Aus-

besserung des Nestes aus. Die gemeinsame Tätigkeit der Hummeln ist, wie wir wissen, die Tätigkeit vieler Individuen, die an einem Orte versammelt und mit gleichem, wenn auch in Einzelheiten nicht durchweg identischem Instinkte ausgerüstet sind; das Ergebnis der Arbeit wird hierbei durch den Instinkt der Mehrheit bestimmt. Man kann sich nun un schwer vorstellen, was infolge des ungleichmäßigen Wegfalles einiger Teile der komplizierten Instinkte geschehen muß. Die Sache beginnt vielleicht damit, daß das vegetabilische Material von dem einen Individuum von einer Stelle des Nestes „zu einem bestimmten Zwecke“ nach einer anderen Stelle hinübergeschleppt wird, wobei die hierdurch entstehenden Entblößungen der Wachsdecke unausgebessert bleiben. Ferner beginnen einige Individuen zu analogen „Zwecken“ das Wachs von dem Dache wegzuschleppen. Unter diesen Zwecken hat man, wie ich an seinem Orte nachgewiesen habe, eine Tätigkeit zu verstehen, die daraus nicht von einer Vorstellung dessen, was daraus folgt und einem Verständnis desselben begleitet wird, sondern nichts weiter als eine erblich und zweckmäßig fixierte Reaktion auf einen bestimmten Reiz darstellt. Da sich nun einige Gegenstände und Erscheinungen im Neste infolge der Verminderung der „sozialen Instinkte“ selbst verändert haben und aus diesem Grunde bereits keine zweckdienliche Wirkung auf die Hummel mehr ausüben können, die ein Stückchen von dem Dache abgebrochenen Wachses trägt, so wirft das Tierchen, nachdem es sich mit diesem Stückchen auf der Wabe hin- und hergetrieben hat, dasselbe irgend wohin oder baut eine völlig nutzlose Wachszelle oder beginnt irgend eine andere, ebenso nutzlose Arbeit, zu der sie bei ihrem Herumtreiben auf dem Neste durch irgend einen Reiz zufällig veranlaßt wurde, und die bald darauf von einer anderen Hummel umgebaut d. h. zerstört werden wird.

Man kann sich leicht vorstellen, wohin ein derartiger Ausbesserungsbetrieb die „Gemeinde der Hummeln“ führen muß; es resultiert schließlich eine Zerstörung des Nestes, obgleich doch die wirksamen Instinkte auf Ausbesserung und nicht auf Zerstörung gerichtet sind. Nur wird eben diese Ausbesserungstätigkeit infolge des Ausfallens einiger mit ihr bisweilen in recht weitem Zusammenhange stehenden Instinkte zu einer sinnlosen, und führt nicht zum Aufbaue des Nestes, sondern zu dessen Ruin und scheint daher auf den ersten Blick dessen Zerstörung zu bezwecken.

So heißt es am 29. September in meinem Tagebuche: wollte man die Vorgänge im Neste bewerten, indem man die Handlungen der Hummeln mit dem Maßstabe der menschlichen Psychik mißt, so müßte ich einschreiben: „der Geist der Zerstörung unterliegt keinem Zweifel“. Allein ich weiß, daß ein derartiger Geist hier nicht vorhanden sein kann, und vor allem kenne ich Tatsachen, die den Vorgang auf zweifellose Art erklären, das Raten ad hominem aber überflüssig machen.

Ich sehe, daß das Wachsdach in der Tat nach und nach zerstört wird, daß die Wachsstücke nicht nur abgerissen, sondern auch von dem Neste hinweggeschleppt werden, die einen auf 5, die anderen auf 10 cm Entfernung von demselben. Die beschädigten Stellen des Daches werden weder am Rande noch in der Mitte ausgebessert. Trotzdem liegt hier durchaus kein Zerstörungsgeist vor: dieses alles sind vielmehr Akte der Ausbesserung, nur tritt dieser Instinkt in anderer Weise zu Tage als unter normalen Lebensbedingungen.

Ein detailliertes Studium der Erscheinungen, die den Zerfall des Volkes begleiten, hat mich außerdem noch zu der Schlußfolgerung gebracht, daß die Reduktion der Instinkte in ihren einzelnen Bestandteilen in derselben Ordnung und Reihenfolge vor sich geht, wie die Reduktion der Instinkte in ihrem ganzen Bestande, d. h. in der umgekehrten Reihenfolge ihrer stammesgeschichtlichen Erwerbung.

Ich will damit sagen, daß die instinktiven Handlungen, die eine Bedeutung für das Wohlergehen der „Familie“ besitzen, zuerst verschwinden; hierzu gehören: das Füllen der Wabenzellen mit Honig, das Verteidigen der Vorräte den anderen Hummeln gegenüber, das Füttern der Larven, d. h. die chronologisch zuletzt entstandenen Instinkte.

Unmittelbar darauf verschwinden diejenigen Instinkte, welche in gleichem Maße für das Gedeihen des Volkes wie für dasjenige des Individuums selbst Bedeutung besitzen; hierher gehören: die Instandhaltung des Nestes, die Reinhaltung desselben u. dergl. m.

Als letzte verschwinden endlich diejenigen Instinkte, deren Bestimmung ausschließlich das Wohlergehen des Individuums ist, oder richtiger gesagt diejenigen, die für das Individuum, auch ohne jegliche Beziehungen zu seiner Familie, notwendig sind, wie die Fähigkeit, den Weg und die Nahrung ausfindig zu machen, sich zu verteidigen u. s. w.

Nachdem das Individuum die ersten von diesen Instinkten eingebüßt hat, behält es noch die zweiten und dritten, es kann aber niemals vorkommen, daß nach Verlust der zweiten Instinkte die ersten beibehalten würden, oder nach Verlust der dritten — die zweiten.

Ich habe nunmehr noch mit einigen Worten zu beweisen, daß bei den Prozessen der Instinktssubstitution, die vor Eintritt des Winters oder beim Zerfall des Volkes in der Gefangenschaft eintreten, weder Bewußtsein, noch Vernunft auch nur den geringsten Anteil haben. Daß dem in der Tat so ist, geht aus der Tatsache hervor, daß durch die bloße Reduktion der Instinkte zweckmäßige Handlungen sogleich in sinnlose und zwecklose verwandelt werden, und daß der etwaige Ersatz bestimmter Instinkte durch andere durchaus nicht durch einen logischen Zusammenhang der betreffenden Instinkte bedingt wird. Die Logik der Erscheinungen liegt vielmehr in der Evolution der komplizierten Instinkte und in den Gesetzen ihrer Reduktion.

Eine Menge biologischer Tatsachen beweisen dies mit voller Augenscheinlichkeit. Ich führe einige derselben an, die als besonders passende Beispiele hierfür dienen können.

Bei der Reduktion der auf das Einsammeln von Nahrung für die Familie gerichteten Instinkte gibt es eine Periode, wo die Hummeln noch Pollen sammeln, mit demselben auch nach Hause zurückkehren, ihn aber nicht in den Waben unterbringen, sondern wieder davonfliegen. Wenn die Bewußtheit einen Anteil an der Reduktion der Instinkte hätte, so würden die Hummeln offenbar nicht Pollen einsammeln, dessen weder sie selbst noch ihr Volk bedürfen, und mit welchem sie nichts anzufangen wissen; mit anderen Worten, indem die Hummeln eine instinktive Handlung ausführen, haben sie nicht nur deren definitive Bedeutung und Sinn nicht im Auge, sondern sie ahnen nicht einmal die nähere Beziehung der ausgeführten Handlung zu der unmittelbar darauffolgenden; infolgedessen stellt sich der komplizierte Instinkt, so lange er in seiner ganzen Ausdehnung zur Ausführung gebracht wird, bisweilen als wunderbar zweckmäßig und durchaus verständig dar; nach der Reduktion aber erweist er sich als in demselben Maße auffallend sinnlos.

Ein anderes Beispiel:

An einem Volke, welches bei mir in der Gefangenschaft lebte, hatte ich, — als die Hummelarbeiterinnen ganz aufhörten, Nahrungsvorräte einzusammeln und Honig, der ihnen dargeboten wurde, in die Waben herüberzutragen, als niemand zum Einsammeln mehr da war und die Familie ihrem Ende rasch entgegenging — am 19. September Gelegenheit zu beobachten, wie einige Hummeln sich daran machten, eine Zelle aus Wachs zuzubereiten. Das benötigte Wachs gewannen sie zum Teile dadurch, daß sie das Dach zerstörten, zum Teile aber wurde es von ihnen selber neu ausgeschieden; wobei diese Ausscheidung vermutlich die Hummeln zu ihrer Tätigkeit gereizt hatte. Da nun aber ein Teil der „sozialen“ Instinkte (im gegebenen Falle das Füllen der zum Einsammeln von Vorräten angelegten Zelle mit Honig) verschwunden war, die verfertigte Zelle auch weder jemals mit Honig angefüllt wurde, noch irgend jemandem Nutzen erweisen konnte (um so mehr da niemand vorhanden war, dem Nutzen gebracht werden konnte), so verwandelt sich das scheinbar Vernünftige in etwas Sinnloses. Diese Sinnlosigkeit wird besonders augenscheinlich, wenn man berücksichtigt, daß eine Menge von Zellen in den Waben des Nestes, von welchem die Rede ist, leer geblieben waren; die Anfertigung einer neuen Zelle war demnach auch von dieser Seite aus betrachtet, vollständig nutzlos.

Durch diese Beispiele, deren ich noch mehrere anführen könnte, wird mit genügender Deutlichkeit bewiesen, daß die Hummeln dasjenige, was sie tun, nicht verstehen, und daß das Bewußtsein, dessen Vorhandensein bei den Hummeln überhaupt in keiner Weise bewiesen ist, an den Erscheinungen der Reduktion von Instinkten nicht den geringsten Anteil hat.

Dritter Teil.

Allgemeine Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

Kapitel I.

Die Geselligkeit der Insekten und die Geselligkeit der höherstehenden Tiere in der einschlägigen Literatur.

Die Hummeln, Wespen, Bienen, Ameisen und Termiten bezeichnet man bekanntlich als soziale Insekten, allein ihre Gesellschaften selbst werden bald „Familien“, bald „Kolonien“, bald „Familiengemeinschaften“, bald einfach „Gesellschaften“, endlich — und zwar am häufigsten — „Staaten“ genannt, wie sie nur bei diesen Insekten und bei dem Menschen vorkommen sollen. Schon dieser Umstand allein, — der mit den allgemeinen Daten der Entwicklung in so schroffem Widerspruche steht, indem er uns dazu zwingen würde, die Bienen, Ameisen und Termiten nicht nur höher als die geistig am meisten entwickelten Säugetiere, sondern (nach der Behauptung einiger Autoren) sogar über die Menschen unkultivierter Rassen zu stellen — läßt eine derartige Auffassung der Geselligkeit bei den Insekten in einem zweifelhaften Lichte erscheinen.

Solche Zweifel waren denjenigen Naturforschern, welche sich mit den Erscheinungen der Geselligkeit im Tierreiche beschäftigten, schon längst aufgestiegen. Allein hier zeigte sich wieder einmal die Macht des Hergebrachten: Die Staatenwesen der Insekten entsprechen nicht dem Begriff der Geselligkeit in jenem Sinne, wie er aus dem Studium der biologischen Organisationen auf deren Evolutionswege im Tierreiche hervorgeht.

Professor Dr. Claus, einer der ersten Gelehrten, die in einer wissenschaftlichen Arbeit Gedanken über den Staat der Bienen ausgesprochen haben, war gleichzeitig der erste, der auf den erwähnten Widerspruch stieß. Indem dieser Forscher auf die hohe geistige Entwicklung der Affen hinweist und denselben den Bienenstaat gegenüberstellt, sagt er folgendes:

Vielleicht werden viele durch den Umstand in Erstaunen versetzt werden, daß wir die Existenz eines Tierstaates in seiner vollkommensten Form bei niedrigen, zu der Klasse der Insekten gehörenden Tieren anerkennen, während wir die Bildung von Staaten selbst bei solchen viel vollkommeneren Tieren leugnen, welchen weder eine gewisse Portion geistiger Entwicklung noch eine gewisse Fähigkeit zur Vervollkommnung abgesprochen werden kann.

Und was antwortet Claus auf diesen Kardinalpunkt der Hypothese, wie sucht er diese Schwierigkeit zu besiegen? Hier seine ganze Antwort:

Dieser Umstand wird dadurch erklärt, daß bei den höheren Tieren die Beschränkung der geistigen Fähigkeiten, welche sich niemals bis zur Vernunft erheben können, der Arbeitsteilung unüberwindliche

Schranken entgegengesetzt; bei den niederen Tieren dagegen führt die schonungslose Notwendigkeit unmittelbar, mit Umgehung der individuellen Freiheit, zu dem Ziele des gemeinsamen Lebens.

Es kommt demnach darauf hinaus, daß das Ziel eines gemeinsamen Lebens, das Ziel eines Staatenwesens außerhalb der Interessen der diesen Staat ausmachenden Glieder liegt, und daß eine für die höher stehenden Tiere unerreichbare Lebensform sich für die Insekten aus dem Grunde als zugänglich erweist, weil deren geistige Fähigkeiten beschränktere sind!

Hiermit begannen die Versuche, die Schwierigkeit zu überwinden, in welche die Naturforscher durch die Gedanken über den Staat der Hymenopteren versetzt wurden. Auf diesen ersten Versuch folgte eine ganze Reihe anderer, die zwar auf den ersten Blick originell erscheinen, allein indem sie in methodologischer Hinsicht miteinander übereinstimmen, zu keinem Resultate führen konnten, das fruchtbarer gewesen wäre, als das oben angeführte. Ich will hier nur auf einen der neuesten Versuche zur Lösung dieser unlösbaren Aufgabe hinweisen.

Während man in Bezug auf die menschliche Gesellschaft nach den Arbeiten von Bachovan, Mac Lenan, Teylor, Max. Kowalevsky, Grosset und Morgan schon zu der Annahme berechtigt war, daß die älteste Form des menschlichen Zusammenlebens durch das „Herdenwesen“ oder die „Horde“ mit unregelter geschlechtlicher Gemeinschaft der eine solche Horde zusammensetzenden Männer und Frauen repräsentiert wird, und daß auf diese Form der Lebensweise der väterliche oder mütterliche „Stamm“ folgte, worauf sich dann erst die „Familie“ entwickelte (welche demnach nicht etwa den ersten Beginn, den Keim der Gesellschaft darstellt, sondern eine Folge des Zerfalles des Stammeslebens) — setzte Ribot auseinander, daß die Sache sich wahrscheinlich bei den Tieren ebenso verhalte, daß also auch bei den Insekten, ebenso wie bei den höheren Tieren, nicht die Familie, sondern die Herde den Boden abgäbe, auf welchem sich die Geselligkeit entwickelte. Nach der Ansicht dieses Forschers repräsentiert das Zusammenleben bei den Bienen und Ameisen weder eine Familie, noch eine Gesellschaft, sondern eine Herde, wobei die sozialen Instinkte dieser Insekten eine hohe Stufe erreicht haben und die entsprechenden Instinkte vieler Säugetiere übertreffen. Dabei fügt der Autor hinzu, daß die Geselligkeit eine der höchsten und kompliziertesten Formen der Emotion darstelle, welche im Leben des Menschen die wichtigste Rolle gespielt haben.

Wenn dem aber so ist, auf welche Weise kann dann der Widerspruch zwischen der Entwicklung der Geselligkeit und der genetischen Klassifikation beigelegt werden? Es kam doch niemand daran zweifeln, daß die zoologische Evolution in gerader Linie fortgeschritten ist. Und wie die genetische Klassifikation den Ausdruck der allmählichen Entwicklung der Formen darstellt, so müssen auch die psychischen Fähigkeiten, welche mit dieser Entwicklung im allgemeinen im Zusammenhange stehen, mit der zoologischen Evolution im Einklang stehen; und dies ist zweifelsohne auch der Fall.

Dem gegenüber ergäbe sich nach der Ansicht von Ribot, daß die höchsten emotionellen Fähigkeiten der Ameisen diejenigen einiger Säugetiere übertreffen. Wie soll man nun diesem Dilemma entgehen, und die Schwierigkeiten dieses Widerspruches beseitigen?

„Man darf nicht vergessen,“ so lautet die Antwort des Autors, „daß die Entwicklung der Organisation und diejenige der sozialen Instinkte nicht immer *pari passu* gehen. So übertreffen zum Beispiele die

sozialen Fähigkeiten der Ameisen und Bienen diejenigen einiger Säugetiere, welche ihrer Organisation nach als weit über diesen Insekten stehend betrachtet werden. Angesichts dieses Umstandes werden wir, ohne uns über die im Einzelnen mangelnde Übereinstimmung zwischen der zoologischen Taxonomie und der soziologischen Psychologie aufzuhalten, das Vorwärtsschreiten des sozialen Instinktes verfolgen, ohne Rücksicht auf die Ordnung und Klasse des genealogischen Stammbaumes, auf welcher derselbe zu Tage tritt.“

Der Leser entdeckt hier unschwer denselben Fehler, den auch Espinasse begangen hat, als er auf Tatsachen der genealogischen Klassifikation stieß, die mit seiner Ansicht über die Evolution des „mütterlichen Gefühles“ im Widerspruche standen. In beiden Fällen haben die Autoren ihre Augen vor den überzeugenden Beweisen der Klassifikation geschlossen, und statt ihre Ansicht, weil sie mit jenen unmöglich in Übereinstimmung zu bringen war, preiszugeben, sind sie ohne Rücksicht auf die Daten der Klassifikation, ja sogar diesen direkt zuwider an den Aufbau ihrer Hypothesen herangegangen. Hypothesen über Evolution bestimmter Erscheinungen im Tierreiche wurden unabhängig von der Evolution der betreffenden Tiere selbst aufgebaut.

Hieraus ergab sich nun, daß ein Fehler sich auf den andern häufte¹, indem ihre Quelle in der Methode liegt, die bei der Lösung der Aufgabe angewendet wird. Die Auffassung, das Zusammenleben der Bienen sei eine mehr oder weniger hochstehende Form der Geselligkeit, stellt unzweifelhaft das Ergebnis einer Analogie zwischen dem Zusammenleben dieser Insekten und demjenigen des Menschen dar. Hieraus ergibt sich denn auch, daß die Bewertung aller Einzelheiten, aus denen dieses Zusammenleben besteht, eine Bewertung *ad hominem* sein mußte und in der Tat auch eine solche war; eine derartige Bewertung besitzt keinen wissenschaftlichen Wert und konnte zu keinen auch nur halbwegs ernst zu nehmenden Ergebnissen führen.

Was uns anbetrifft, so werden wir an die Lösung dieser Aufgabe auf dem Wege der evolutionistischen Methode herantreten.² Unter Benutzung dieser Methode will ich mich bemühen, klarzulegen, was das „Zusammenleben“ der Hummeln (sowie der übrigen sogenannten „sozialen“ Insekten) eigentlich vorstellt: ob eine Familie, eine Gesellschaft, einen Staat, wie dies von den Autoren angenommen wird, oder weder das erstere, noch das zweite, noch auch das dritte, sondern den Typus einer biologischen Organisation, die von der Familie ebenso weit entfernt ist wie von der Gesellschaft und, wie ich vermute, eine besondere Form der Symbiose darstellt.

Um diesen meinen Gedanken zu begründen, liegt es mir ob,

- 1) den Zusammenhang der „Gesellschaft“, als einer biologischen Individualität von besonderem Typus, mit den Individualitäten anderer Kategorien klarzulegen und festzustellen;
- 2) zu beweisen, daß das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten mit der „Gesellschaft“ oder gar mit der Familie in keinem genetischen Zusammenhange steht;
- 3) zu zeigen, daß das Zusammenleben der Insekten nicht eine Form des gesellschaftlichen Lebens, sondern eine originelle Form von Symbiose mit deutlich ausgesprochenen Zügen eines ihr zu Grunde liegenden Parasitismus darstellt.

¹ Ribot z. B. sieht sich einerseits gezwungen, das mütterliche Gefühl bei den Bienen und Ameisen zu leugnen, während er gleichzeitig diese Gefühle nicht nur bei den Würmern, sondern selbst bei den Echinodermen u. s. w. zugeben muß.

² W. Wagner. Die biologische Methode in der Zoopsychologie. In: Trav. Soc. Imp. Natur. de St. Pétersbourg. T. XXXIII, fasc. 2.

Kapitel II.

**Die psychischen Fähigkeiten der sogenannten sozialen Insekten,
welche den psychischen Fähigkeiten der einzeln lebenden Hymenopteren als
hochentwickelt gegenübergestellt werden, — stehen in Wirklichkeit nicht höher,
ja vielleicht niedriger als diese letzteren.**

Wir brauchen natürlich nicht auf alle diese Instinkte einzugehen; es wird genügen, die wichtigsten derselben herauszugreifen. Von der Legende über die Fähigkeit der „sozialen“ Insekten „einander zu erkennen“ ist bereits früher die Rede gewesen; ebenso haben wir bereits von der angeblichen Befähigung derselben zu gegenseitiger, über die Begriffe „ja“ und „nein“ hinausgehender „Verständigung untereinander“ gesprochen. Diese Fähigkeiten fügen zu dem, was wir bereits bei den einsam lebenden Insekten kennen gelernt haben, wie wir jetzt wissen, weder qualitativ noch sogar quantitativ etwas Neues hinzu. Wir werden hier demnach nur über folgende Instinkte sprechen: A) Die Überwinterung; B) die Bauinstinkte; C) die mit der Erlangung der Nahrung für sich selbst und für die Nachkommenschaft verbundenen Instinkte und endlich D) die Instinkte, welche auf die Verteidigung der Nachkommenschaft sowie auf die Sicherstellung ihrer Entwicklung gerichtet sind.

A. Das Überwintern der einsam lebenden Hymenopteren.

Vergleichen wir das Überwintern der einsam lebenden Insekten mit demjenigen der Hummeln, so können wir, ohne auch nur einen Augenblick zu zögern, behaupten, daß die Instinkte, die diesen Akt begleiten, bei solitären Insekten höher stehen und komplizierter sind als bei den Hummeln. Wir treffen allerdings hier wie dort zum Teil die gleichen Maßnahmen an: auch die einsam lebenden Insekten ergreifen Maßregeln zur Selbstverteidigung während dieser für sie so schweren Lebensperiode, genau wie die Weibchen der Hummeln, — ein jedes für eigene Rechnung und Gefahr; allein darüber hinaus begegnen wir bei ersteren Erscheinungen einer regelrecht organisierten gemeinsamen Überwinterung, wie sie bei Hummeln nur eine außerordentlich seltene und ganz zufällige Erscheinung darstellen. Beispiele für das gemeinsame Überwintern einsam lebender Bienen geben die Arten der Gattungen *Xylocopa*, *Ceratina*, ferner *Halictus morio* F. u. a. m.

Nun beruht ja die gemeinsame Überwinterung solitärer Bienen gewiß meist auf Zufall, indem sie einfach davon abhängt, ob der betreffende Ort für den gegebenen Zweck passend ist oder nicht. Allein bei *Ceratina* z. B. höhlen die gemeinsam überwinternden Männchen und Weibchen nach Giraud¹ gemeinschaftlich einen Ort für die Überwinterung in Zweigen von *Rubus* aus. Eine noch größeres Interesse bietende Erscheinung der Geselligkeit zum Zwecke der Überwinterung beobachten wir bei *Halictus morio*. Verhoeff²

¹ Giraud. Mémoires sur les insectes, qui habitent les tiges sèches de la Ronce. 1866.

² Verhoeff. Zur Lebensgeschichte der Gattung *Halictus*, insbesondere einer Übergangsform zu sozialen Bienen. Zool. Anz. 1897.

beschreibt den Vorgang wie folgt: Unter dem Steine, dessen Rand auf unserer Fig. 135 mit den Buchstaben *St* bezeichnet ist, sehen wir einen Gang, welcher bei *R* nach außen mündet.

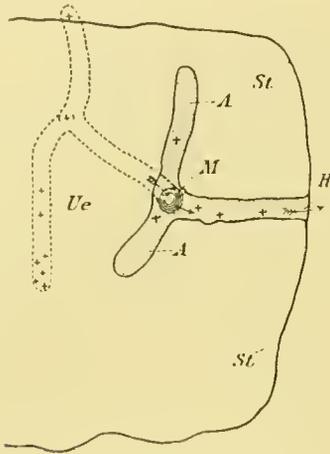


Fig. 135.

Dieser Gang teilt sich in einer gewissen Tiefe in zwei blind endigende Arme *A*; *M* ist die Fortsetzung des Hauptganges, welcher sich etwas in die Tiefe senkt (durch Punktierung angegeben) und ebenfalls in zwei blind endigende Arme *Ue* ausläuft. Diese letzteren Arme dienen als eigentlicher Ort für die Überwinterung. In ihnen befanden sich sieben Weibchen dicht nebeneinander (ihre Lage ist durch Kreuzchen bezeichnet); die übrigen Weibchen befanden sich in dem Hauptgange, nach der Öffnung *R* zu. Das Frühjahr war bereits eingetreten, und einige *Halictus*-Arten waren schon an der Arbeit.

In dieser Erscheinung erblicken wir eine typische Form der temporären Geselligkeit und erkennen auch die Zweckmäßigkeit eines derartigen Instinktes. Hummeln und Wespen stehen in diesem Punkte tiefer: ihre großen Weibchen überwintern, wie wir wissen, einzeln.

B. Die Anlage eines Nestes durch das Weibchen zur Aufzucht der Nachkommenschaft bei den „sozialen“ und „solitären“ Insekten.

Über den Bau des Nestes im Frühjahre seitens des Hummelweibchens, wo letzteres als solitäres Insekt arbeitet, habe ich bereits früher gesprochen, als von den solitären Instinkten der „sozialen“ Insekten die Rede war. Ich werde demnach hier nur einige Worte darüber zu sagen haben, in welcher Beziehung diese Instinkte der „sozialen“ zu den entsprechenden Instinkten der „solitären“ Insekten stehen.

Über die Wahl des Platzes für den Bau ist nichts zu sagen: bei den Weibchen der Hummeln, wie bei den Weibchen der einsam lebenden Hymenopteren ist dieser Instinkt im wesentlichen gleich elementar und besteht in dem Aufsuchen eines bequemen Winkels.

Anders verhält es sich mit der Wahl des Materiales.

Bei den Hummeln befindet sich dieses Material selbst dann, wenn es herbeigetragen werden muß, doch stets in der Nähe und wird zu dem Neste entweder einfach durch Scharren mit den Beinen oder (seltener) mit den Kiefern herbeigeschafft; seine Differenzierung besteht nur darin, daß die kleineren Bestandteile des Materiales für bestimmte Teile des Nestes, die größeren für andere verwendet werden. Außer diesem Materiale verwenden die Hummeln für den Bau ihrer Wohnung noch Wachs, das von ihrem Organismus ausgeschieden wird.

Bei den einsam lebenden Insekten dient zum Baue des Nestes nicht nur (bisweilen aus großen Entfernungen) herbeigeschafftes, sondern auch sorgfältig ausgewähltes Material, wie z. B. bei *Osmia*. Es braucht nicht erst nachgewiesen zu werden, daß ein solcher Instinkt in der Auswahl des Materiales eine höhere Komplikation aufweist, als die Verwendung von Gegenständen, welche neben dem Bauplatze liegen, mögen dies nun Moos,

Sägespäne oder trockene Pflanzenteile sein¹; um auswählen zu können, muß man wissen, was nötig ist, man muß es verstehen, das Nötige zu finden, es auf irgend welche Weise von den übrigen Gegenständen absondern, der Gegenstand muß herbeigeschafft und zu diesem Zwecke passend bearbeitet werden u. s. w.

Ferner ist das Material bei den einsam lebenden Hymenopteren in den verschiedenen Teilen des Baues nicht immer gleichartig. Sodann kommt es vor, daß die für den Nestbau gewöhnlich verwendeten Blumen aus irgend welchem Grunde plötzlich fehlen und durch ein anderes entsprechendes Material ersetzt werden müssen. So teilt Ferton² von *Osmia lanosa* mit, daß sie, wenn „les fleurs de Pavot viennent à lui manquer, tapisse ses cellules avec des lambeaux de pétales jaunes de *Glaucium luteum* Scop.“.

Bisweilen sind die Nachforschungen nach dem Materiale für den Bau mit einem bedeutenden Aufwand von Kraft und Beharrlichkeit verbunden. So finden die „Hyménoptères résiniers en Corse“ nach den Worten des gleichen Autors das von ihnen gesuchte Baumaterial unter anderem in den „planches de Pin *Laryx* exposées à l'air sous forme de portes, volets etc. qui, plus de dix ans après avoir débitées, laissent suinter la résine à travers la peinture“.

Eine derartige Tätigkeit erfordert offenbar bedeutend kompliziertere Instinkte als die oben beschriebene Tätigkeit bei der Wahl des Materials seitens der Hummeln.

Was die Verwendung von Ausscheidungen des Organismus als Baumaterial betrifft, so habe ich hierzu folgendes zu bemerken: 1) kommt ein derartiges Material auch bei einigen einsam lebenden Bienen zur Verwendung, indem die einzelnen Teile des Baues damit befestigt werden oder dem Material selbst damit mehr Halt gegeben wird; 2) spielt bei den Hummeln das Wachs dieselbe Rolle und 3) spricht die ergiebigere Verwendung des Wachses für die Bauten, wovon in dem vorhergehenden Kapitel die Rede war, nicht nur keineswegs zugunsten einer höheren Vollkommenheit und einer größeren Kompliziertheit der Instinkte, sondern weist im Gegenteile auf einen Rückschritt der genannten Insekten in diesem Sinne hin, obgleich die Autoren ganz entgegengesetzter Ansicht sind.

Es muß noch hinzugefügt werden, daß auch die Architektur der Bauten bei den einsam lebenden Wespen alles weit hinter sich läßt, was wir bei den „sozialen“ Hymenopteren sehen.

Die Hummeln werden bei dieser Frage gewöhnlich nicht berücksichtigt: ihre Bauten gelten als primitiv, und doch sind diese Bauten hinsichtlich ihrer Architektur schon aus dem einen Grunde nicht weniger vollkommen, als diejenigen der Bienen z. B., weil sie einen mannigfacheren Charakter aufweisen. — Seit die Bienzelle aufgehört hat als das Produkt einer geheimnisvollen Macht und raffinierten Berechnung zu gelten, (die seinerzeit zu einer Korrektur der Logarithmentafeln beigetragen hat), ist aus diesem „Wunder der Baukunst“ etwas sehr bescheidenes geworden: ein schablonenmäßiges Erzeugnis, dessen Anfertigung nicht so sehr durch die Psychik, als durch die Gestalt und die Lage des Körpers

¹ Unter den Spinnen finden wir derartige Bauten mit ausgewähltem Materiale bei *Agroeca* in den wunderbaren Nestern dieser Gattung („L'industrie des Aracina“).

² Ch. Ferton. Notes détachées sur l'instinct des Hyménoptères mellifères et ravisseurs avec la description de quelques espèces. Annales de la Soc. Entomologique de France. Vol. LXX. 1901.

ihres Erbauers bedingt wird. Die Bauten der Wespen stellen in psychologischer Hinsicht schon wegen der Eigenschaften ihres Baumaterials, der Befestigungsweise des hängenden Nestes, der Einrichtung seiner Hülle u. s. w. unendlich höhere Anforderungen. Allein auch bei diesen Insekten finden wir in Bezug auf Architektur viel von jener Schablone, durch welche die Bauten der Bienen charakterisiert werden. Ich will damit natürlich nicht gesagt haben, daß wir bei den einsam lebenden Hymenopteren ein Fehlen jeder Schablone erwarten können. Dies ist nicht der Fall: Da wo der Instinkt als Baumeister auftritt, herrscht eine deutliche oder versteckte Schablone als eine Regel, die keine Ausnahme duldet. Allein auch hier ist es, vom Standpunkte der Komplikation der Instinkte aus betrachtet, nicht einerlei, ob eine geometrisch regelmäßige Figur gebildet wird, wie wir dies bei den Bienen sehen, oder aber ob die hergestellten Gegenstände 1) ihrer Gestalt nach verschieden sind und aus mehreren, einander durchaus unähnlichen Teilen bestehen und 2) wegen dieser ihrer Verschiedenartigkeit auch verschiedenartige Reaktionen seitens des Baumeisters, wenn er mit jenen in Berührung kommt, hervorrufen müssen. — Es läßt sich nun behaupten, daß das Schablonenmäßige im Bauinstinkte bei den Hummeln nicht niedriger, sondern höher steht, als bei den Bienen. Um sich hiervon zu überzeugen, genügt es, sich diejenigen Teile des Nestes in Erinnerung zu rufen, aus denen sein innerer Abschnitt besteht, sowie die verschiedenartigen Erzeugnisse, welche die Hummeln aus Wachs anfertigen. Allerdings sind die Bauten der Bienen als Ganzes betrachtet zweckentsprechender und also vollkommener, als die Bauten der Hummeln. Wir sehen bei ihnen keine Schwankungen, keine unproduktive Arbeit, kein Umarbeiten, wie es bei den Hummeln in so hohem Maße beständig zu bemerken ist und sozusagen den allerwesentlichsten Zug in deren Tätigkeit darstellt: alles dieses wurde durch einen fabrikmäßigen Betrieb ersetzt; es ist eine auf Verschiedenheit der physischen Organisation begründete Arbeitsteilung eingetreten; es hat sich ein Mechanismus herausgebildet, der auf den ersten Blick kompliziert erscheint und den Laien und den Schwärmer in Erstaunen versetzt, für denjenigen Menschen aber, der es versteht, aus der gleichzeitigen Arbeit Hunderte von Individuen den Plan und die Tätigkeit des einzelnen herauszusondern, bei näherer Betrachtung sich als einfach und kunstlos herausstellt.

Noch komplizierter aber als bei den Hummeln ist die architektonische Tätigkeit der einsam lebenden Hymenopteren! Ich erinnere hier als Beispiel an die „cheminée audessus de leur nid“, die gewisse Arten von *Andrena*, *Ceramius*, *Odynerus* u. a. m. anlegen, oder an das Nest von *Eumenes*, von welchem Ferton¹ folgendes mitteilt:

„Tout le monde connaît l'élégante cellule des Eumenes, petite coupole bâtie contre une pierre, un morceau de bois ou une mince tige d'arbuste. Dans la construction de cet édifice, l'instinct de la guêpe est arrivé à un haut degré de perfection; il met simultanément en oeuvre tous les outils de l'insecte et leur fait exécuter, avec rapidité et précision, un travail qui peut être considéré comme un des plus complexes qu'aient à réaliser les Hyménoptères de nos régions.“

Aus derselben Beschreibung erfahren wir überdies, daß die Tätigkeit des Insektes bei dem Bau des Nestes sich als eine auffallend mannigfache und wechselnde erweist. — Ich erinnere ferner an den Bau von *Colletes*, von welchem Pérez² unter anderem folgendes berichtet:

¹ loc. cit.

² loc. cit.

„Elle humecta la poussière sèche du sol, et en fit une boulette, qu'elle apporta à sa coupole et mit aussitôt en oeuvre. Les mandibules, faisant office de truelles, enlevaient peu à peu à la boule le mortier qu'elles mettaient de suite en place, et pendant ce temps les pattes de devant maintenaient la boulette, et lui imprimaient un mouvement de rotation, de sorte que les mandibules lui laissaient en la râclant la forme sphérique; la guêpe pivotait au fur et à mesure qu'avavançait la cloison, et les antennes toujours en mouvement palpaient et mesuraient la coupole.“

„Au fond d'une galerie plus ou moins longue, des cellules latérales isolées, ou plusieurs à la file dans un même conduit. La paroi de terre n'est pas simplement polie; elle est soigneusement tapissée d'une délicate pellicule, incolore, transparente, ayant l'aspect de la baudruche, mais incomparablement plus fine, bien qu'elle soit composée de plusieurs feuillettes, trois ou quatre au moins, et si unie, si lustrée qu'elle défie le plus merveilleux satin. Telle est la ténuité d'un lambeau de cette membrane, que Réaumur la compare à ces traînées argentées que la limace laisse sur son chemin. Brûlée, cette substance répand la même odeur que la soie. Mais elle n'en a point la structure; nulle trame, nulle fibre ne s'y peut reconnaître. Comment est fabriquée cette membrane? Personne ne l'a vu mais on suppose — que faire de plus? — que c'est le produit d'une sécrétion étendue par l'insecte, à l'état fluide, sur la paroi de la cellule, et qui se concrète à l'air comme le fait la soie. Et l'on ajoute que la courte langue bilobée de l'abeille est sans doute la spatule destinée à étendre ce vernis.

La cellule, remplie d'une pâte semiliquide, reçoit un oeuf, qui est pondu, non sur le miel, comme Mr. Fabre l'a vu chez les Antophores, mais un peu au dessus, sur la paroi, selon Mr. Val. Mayet. La cellule est bouchée ensuite à l'aide de plusieurs doubles de la substance qui tapisse la paroi. La pâte se trouve ainsi enfermée dans une sorte de vessie membraneuse close de toute part. Cette enveloppe, non seulement est imperméable au miel, mais elle constitue, selon M. Mayet, une fermeture si hermétique qu'elle éclate avec un certain bruit, quand on la comprime suffisamment entre les doigts.

La cellule close, qui à la forme ordinaire d'un dé à coudre, ou bien reste isolée au fond du petit canal, ou bien plusieurs sont empilées à la file.

Es folgen nunmehr einige Instinkte, deren Aufgabe darin besteht, das Nest für die Feinde unsichtbar zu machen. Zu diesem Zwecke werden die Gänge mit Erdteilchen in der Weise zugedeckt, daß auch das schärfste Auge nicht im stande ist, die Anwesenheit des Baues zu entdecken. So begnügt sich z. B. *Osmia bicolor* nicht damit, für ihr Nest einen so ausgezeichnet schützenden Gegenstand wie eine Muschel auszuwählen, sondern sie verschließt die Öffnung dieser Muschel, nachdem sie ihre Arbeit in deren Innerem beendet hat, nicht nur auf das vollkommenste, sondern sie bedeckt auch noch die Muschel selbst in der Weise mit Kiefernadeln, daß sie ganz unsichtbar wird. Und diese Erscheinung ist um so wunderbarer, als *O. bicolor* bald nach vollendeter Anlage ihres Nestes abstirbt, ihre Brut niemals zu Gesichte bekommt und nie etwas über die Zweckmäßigkeit der von ihr angebrachten Schutzvorrichtungen sowie über die Feinde ihrer Kinder erfahren kann.

Die mitgeteilten Beispiele könnte ich noch durch sehr viele andere vervollständigen, von denen ein jedes, gleich den bereits angeführten, Zeugnis dafür ablegt, daß die Bauinstinkte der einsam lebenden Hymenopteren nicht nur nicht niedriger stehen, als die schablonenhafte Tätigkeit solcher „sozialer“ Insekten, wie es die Bienen sind, sondern dieselben sogar unvergleichlich übertreffen.

C. Die Instinkte, die mit der Beschaffung von Nahrung für die Nachkommenschaft im Zusammenhange stehen.

Wenn auch die Art und Weise, wie die einsam lebenden Insekten bei der Erlangung von Nahrung für den eigenen Bedarf vorgehen, im psychologischen Sinne nicht kompli-

zierter ist als bei den gesellig lebenden Insekten, so sind doch die auf die Erlangung von Nahrung für die Nachkommenschaft gerichteten Instinkte bei den einsam lebenden Hymenopteren im allgemeinen viel komplizierter als bei den Hummeln und Bienen. Dies folgt schon allein aus der Tatsache, daß bei diesen letzteren die für die erwachsenen Tiere bestimmte Nahrung im wesentlichen auch für die Larven dient (höchstens wird diese Nahrung vermittels organischer Ausscheidungen bearbeitet und so ein wenig verändert); bei den einsam lebenden Hymenopteren dagegen unterscheidet sich die Nahrung der erwachsenen Insekten durchweg von derjenigen für die in der Entwicklung begriffene Generation und hat mit derselben bisweilen gar nichts gemein. So kommt es, daß die erwachsenen Individuen der einsam lebenden Hymenopteren einerseits bei der Erlangung von Nahrung für sich selbst in der gleichen Art und Weise vorgehen, wie Bienen und Hummeln; außerdem aber sind viele einsam lebenden Hymenopteren gezwungen, bei der Erlangung von Nahrung für ihre Nachkommenschaft zu einem Verfahren von ganz speziellem Charakter zu greifen, welches bisweilen, vom Standpunkte der die Tiere dabei leitenden Instinkte betrachtet, ganz erstaunlich kompliziert erscheint. Es genügt wohl hier an das von der Gattung *Astata* Latr. angewandte Verfahren zu erinnern, die ihre Larven mit Hymenopteren füttert, wobei einige Arten bei dieser Jagd ihren Stachel in den Hals des Opfers an der Verbindungsstelle zwischen Kopf und Sternum versenken müssen; hierher gehört auch das von den *Pompilus*-Arten angewandte Verfahren, von welchen die Mehrzahl ihre Jungen mit Spinnen füttert und gezwungen ist, ihre Beute in den Mund zu treffen, d. h. an eine Stelle, welche so gut bewaffnet und mit einem für *Pompilus* tödlichen Gift versehen ist. Endlich ist noch an das Verfahren der Gattung *Sphex* zu erinnern, die mit ihrem Stachel eine Reihe von Stichen in die Ganglienknotten der Nervenketten ihres Opfers ausführt, indem sie die Beute nicht tötet, sondern nur lähmt.

Der Hinweis auf diese Tatsachen wird genügen, um uns zu der Behauptung für berechtigt zu halten, daß die Verfahren, welche die einsam lebenden Hymenopteren anwenden, um für sich selbst und für ihre Nachkommen Nahrung zu beschaffen, in ihrer Gesamtheit eine Psychik repräsentieren, die nicht selten bedeutend komplizierter erscheint, als die analogen Instinkte bei den sogenannten sozialen Insekten.

D. Die Instinkte, die auf die Verteidigung der Nachkommenschaft und auf die Sicherstellung ihrer Entwicklung gerichtet sind, bei den gesellig und bei den einsam lebenden Insekten.

Bei den sogenannten geselligen Insekten kommen spezielle Instinkte dieser Art überhaupt nicht zur Beobachtung: diejenigen Verfahren, die sie zur Selbstverteidigung und zur Verteidigung ihres Nestes anwenden, dienen gleichzeitig auch als Mittel zur Verteidigung der Nachkommenschaft.¹

Etwas ganz anderes beobachten wir bei den einsam lebenden Hymenopteren: hier ist die Mannigfaltigkeit und die Komplikation der auf die Sicherstellung der Entwicklung der

¹ Mit besonderer Deutlichkeit tritt diese Erscheinung bei den Hummeln zu Tage: die Selbstverteidigung der Hummel, welche sich auf den Rücken legt und sich auf bestimmte Art und Weise mit den Beinen festhält um bequemer stechen zu können, stellt gleichzeitig auch die am häufigsten vorkommende Form der Verteidigung des Nestes und der Brut dar.

Brut gerichteten Instinkte außerordentlich groß. So ist z. B. bekannt, daß sogar die Lage des Eies auf der Beute oder neben derselben für die Entwicklung der Nachkommenschaft eine sehr große Rolle spielen kann. Diese Gruppe von Instinkten treffen wir weder bei den Bienen noch bei den Meliponen an, wo das Weibchen von einer Zelle zur anderen übergehend seine Eier ablegt, ebensowenig bei den Hummeln, deren Weibchen zu diesem Zwecke von einem Kokon zum anderen übergeht. Die ganze Mannigfaltigkeit beschränkt sich hier darauf, daß da wo die Drolnen sich in besonderen Zellen entwickeln, der Instinkt des Weibchens diesem die Möglichkeit bietet, in die einen Zellen unbefruchtete, in andere befruchtete Eier abzulegen.

Anders verhält sich die Sache bei den einsam lebenden Hymenopteren; hier stehen diese Handlungen mit einer ganzen Reihe äußerst wichtiger Instinkte im Zusammenhange. Ch. Ferton¹ teilt hierüber folgendes mit:

„chez les Hyménoptères ravisseurs la mise en place de l'oeuf sur la proie est l'un des actes les plus importants de la vie, c'est généralement une des manifestations de l'instinct les mieux fixées, les moins sujettes aux variations.

Der Verfasser gibt ein ganzes Verzeichnis solcher instinktiver Eigentümlichkeiten bei verschiedenen Formen.

Alle diese Tatsachen, deren Zahl ich noch durch weitere vervollständigen könnte, berechtigen uns zu der Behauptung, daß diejenigen Instinkte, durch die nach der Ansicht der Autoren eine hohe Entwicklung des „Familienelementes“ bei den sogenannten sozialen Insekten bewiesen wird, in Wirklichkeit nicht nur mit einem solchen Elemente nichts zu tun haben, sondern sogar geringer entwickelt sind, als die entsprechenden Instinkte der einsam lebenden Hymenopteren.

Aus der Gesamtheit der in dem gegenwärtigen Kapitel dargelegten Tatsachen folgt 1) daß die „sozialen“ Insekten, entgegen der einstimmigen Meinung der Autoren, weder eine hochentwickelte Familie, noch viel weniger einen Staat darstellen; 2) daß ihr „Zusammenleben“ vielmehr eine typische Form von Symbiose mit charakteristisch ausgesprochenen Merkmalen des Parasitismus repräsentiert.

Dieser Parasitismus wird hier allerdings sehr undeutlich gemacht, nicht nur durch den Umstand, daß Wirtstiere und Parasiten gleichsam als Glieder einer Familie erscheinen, sondern auch dadurch, daß der Lösung der Frage, wer hier Wirtstier und wer Parasit ist, gewisse Schwierigkeiten entgegenstehen, indem einerseits Männchen und Weibchen, andererseits aber die Arbeiterinnen als Wirte gelten müssen. Man wird zweifelsolne die Frage an mich richten, wieso denn solche Elemente der „Gesellschaft“ Wirte sein können, welche ihrer Stellung in dieser Gesellschaft nach die Rolle von Arbeitern, von Dienern spielen, und zwar von Dienern, welche nicht nur „der Königin gehorsam dienen“, wie dies sogar in Spezialwerken (z. B. über Bienen) beschrieben wird, sondern sogar in Bezug auf diese Königin „Zeichen höchster Ehrerbietung und Ergebenheit“ an den Tag legen.²

¹ loc. cit.

² So erzählt z. B. Drory (Quelques observations), daß die Arbeiterinnen von der Gattung *Melipona*, indem sie an ihrer Königin vorbeigehen, sich vor derselben verbeugen, daß die Verehrung, mit welcher sie die Königin umgeben, den Beobachter in Erstaunen versetzt u. s. w. u. s. w.

Wie kann man aber den Zustand knechtischer Unterwürfigkeit mit dem Begriffe des Wirtes und umgekehrt, die Stellung des Wirtes, vor welchem sich alles beugt — mit dem Begriffe des Parasitismus verbinden?

Selbstverständlich wird man diese Dinge solange nicht in Übereinstimmung bringen können, solange wir die Erscheinungen im Leben der Tiere (und besonders der wirbellosen Tiere) vom Gesichtspunkte menschlicher Beziehungen oder selbst mit Bezug auf die Erscheinungen im Leben der höchststehenden Tiere betrachten und zu erklären suchen. Haben doch bei der Lösung von Aufgaben der vergleichenden Psychologie selbst genaue Forscher, wie Lubbock z. B., der sich in vielen Punkten von dem in dieser Wissenschaft herrschenden Anthropomorphismus frei gemacht hat, jener Methode jedesmal ihren Tribut entrichtet, sobald es ihnen an Tatsachen für die objektive Beantwortung einer Frage gebrach.

Wenn von der Psychologie wirbelloser Tiere die Rede ist, so entbehren Worte wie „Knechtschaft, Sklaverei“ nicht nur desjenigen Sinnes, den sie in Bezug auf Menschen haben, sondern sie haben überhaupt gar keinen Sinn.

Es berührt sonderbar, wenn man in dem Werkchen von Lubbock („Bees, wasps and ants“) Betrachtungen darüber liest, daß wir bei gewissen Ameisen eine „verachtungswerte Sklaverei“ antreffen, wobei das Epitheton „verachtungswert“ fast ein jedesmal angewandt wird, sowie von den Sklaven und ihrer verächtlichen Stellung die Rede ist. Die „Sklaverei“, so lesen wir bei Lubbock, „hat bei den Ameisen wie bei den Menschen eine Degradation derjenigen zur Folge, welche dieselbe auf sich nehmen“ u. s. w.

Die Folge solcher Betrachtungen ad hominem ist die, daß wir unausbleiblich hier oder dort auf „Rätsel“ und „Geheimnisse“ stoßen.

Kapitel III.

Das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten

**repräsentiert weder eine Familie, noch eine Herde, noch eine Gesellschaft,
noch weniger endlich ein Staatenwesen.**

Meine Betrachtungen über den in der Überschrift aufgestellten Satz will ich in zwei Teile zerlegen; in dem ersten Teil, *A*, werde ich auf diejenigen Ergebnisse hinweisen, auf Grund deren das Zusammenleben der Insekten nicht mit einer Familie verglichen werden kann, in dem zweiten Teil, *B*, dagegen diejenigen Ergebnisse anführen, infolge deren das Zusammenleben der Insekten nicht mit einer Herde, einer Gesellschaft noch einem Staatenwesen verglichen werden kann.

A. Das „Zusammenleben“ der Hummeln (sowie der übrigen „sozialen“ Insekten) kann nicht als eine Familie aufgefaßt werden; dies geht aus folgenden weiteren Betrachtungen hervor:

Diesem „Zusammenleben“ fehlt die morphologische Einheit, die für eine jede, auf sozialen Instinkten basierte biologische Organisation einen unbedingt notwendigen Faktor darstellt. Der Unterschied zwischen den Gliedern einer derartigen Organisation kann auf Grund der biologischen Bedeutung dieser letzteren nicht weiter gehen, als der Unter-

schied zwischen Männchen und Weibchen; bei gewissen „sozialen“ Insekten ist dagegen der Unterschied zwischen den die Gemeinschaft zusammensetzenden Gliedern so beträchtlich, daß diese letzteren, falls sie nicht alle zusammenleben (ein „Nest“ ausmachen) würden, von den Naturforschern nicht nur verschiedenen Gattungen, sondern selbst verschiedenen Familien zugehört werden müßten.

Die Frage der Kasten bot ein ganz besonderes Interesse, als man in ihrer Genese und Entwicklung nicht allein ein Element der progressiven Entwicklung in der Geselligkeit bei den Tieren erblickte, sondern obendrein eine Erscheinung, die sich die Menschheit bei der Lösung gewisser sozialer Fragen sehr wohl zu Nutzen machen konnte. Gegenwärtig, wo wir diese Erscheinung als eine spezielle Form der Symbiose auffassen müssen, verliert die Frage augenscheinlich ihre frühere Bedeutung und ihr ursprüngliches Interesse, erweckt dagegen zum Ersatz ein anderes, rein biologisches Interesse.

Die Frage über die letzten Ursachen der Entstehung und Entwicklung der Kasten befindet sich noch immer im Gebiete der Hypothesen.¹ — Diese Seite der Frage hat niemals mein Interesse besonders erwecken können, indem sie einstweilen zu viel des Rätselhaften enthält. Ich werde mich daher nicht bei ihr aufhalten und beschränke mich auf eine kurze Darlegung der Ansichten nur derjenigen Autoren, deren Anschauungen meiner

¹ Anmerk. Eine der bekanntesten Hypothesen ist diejenige von Weismann, welcher annimmt, daß das Ei der Bienen, Wespen und Hummeln eine gewisse Anzahl von Determinanten enthält, durch welche die Kaste der sich aus diesem Ei entwickelnden Insekten bestimmt wird. Gelegentlich einer Besprechung der bekannten Kontroverse zwischen Weismann und Spencer über den Polymorphismus bei den Hymenopteren, schließt sich F. Wagner („Einige Bemerkungen zu O. Hertwig's Entwicklungstheorie“) der Ansicht von Weismann an, indem er annimmt, daß die spezielle Ernährungsweise nichts weiter darstellt als eine (äußere) Bedingung, welche in der Tat in der von Spencer angegebenen Weise bestimmend einwirkt; die Bestimmung bestehe jedoch darin, daß durch die betreffende Ernährungsweise diese oder jene spezielle Determinanten des Keimplasmas bevorzugt werden.

Andererseits besitzen wir Hypothesen, welche mit dieser Ansicht in mehr oder weniger bedeutendem Widerspruch stehen. Emery z. B. spricht sich in seiner Arbeit „Le polymorphisme des Fourmis et la castration alimentaire (C.-R. 3. Congr. Intern. Zool. Leyde 1895) bezüglich der Frage über die verschiedenen Kasten des Ameisennestes, in folgender Weise aus:

„Le fondement de l'espèce et des différentes formes qu'elle peut comporter réside dans les propriétés du plasma; mais, d'autre part, on doit admettre, dans une mesure plus étendue que Weismann les faits d'épigénèse, dans ce sens que les organes influent les uns sur les autres durant l'évolution individuelle (Emery, Driesch). Il ne semble donc pas que, pour expliquer le dimorphisme sexuel ou le polymorphisme social, il soit nécessaire d'admettre des différences préformées ou une multiplicité de déterminants pour chaque organe di- ou polymorphe; il suffit que, durant leur formation, ces organes soient capables de se modifier sous l'influence de la fonction des organes sexuels, de la nourriture, de la température.

Il faut observer toutefois que tous les individus ne réagissent pas de la même façon aux mêmes stimulants de la nutrition, et c'est précisément cette différence de réaction qui fait intervenir le facteur blastogène dans la constitution des différentes castes. Si les individus réagissent d'une façon différente à un même stimulant, c'est en raison de ce fait bien connu que les êtres provenant d'une même ponte ont un pouvoir de nutrition variable.“

P. Marchal, aus dessen Darlegung der erwähnten Arbeit von Emery („l'Année biologique“) ich den obigen Auszug mitteile, begleitet dieselbe u. a. mit nachstehender Schlußfolgerung:

„Nous partageons entièrement les idées de l'auteur pour toute la première partie de son étude dans laquelle il insiste sur la haute importance des phénomènes d'épigénèse dans le polymorphisme. Mais, tout en rendant hommage à la haute valeur de ses travaux, nous ne voyons vraiment pas pourquoi renonçant à son ancienne théorie de la différenciation par la variation de la nourriture, Emery arrive à faire à la théorie de la préformation dans le germe cette concession que les ouvrières de petite taille proviennent de germes différents de ceux des ouvrières de grande taille, et que ce sont ceux qui donnent des ouvrières de grande taille qui sont choisis pour faire des femelles“.

In letzter Zeit sind neue Hypothesen in der Frage über die Ursachen des Polymorphismus bekannt geworden. Hierher gehört z. B. die Hypothese von C. Jickeli „Die Unvollkommenheit des Stoffwechsels als Veranlassung für die Vermehrung. Berlin 1902.“ Es ist jedoch noch nicht an der Zeit, irgend welche Schlußfolgerungen auf Grund dieser Hypothese aufzustellen.

Auffassung nach am meisten begründet sind und mit meinen eigenen Beobachtungen am besten übereinstimmen.

Die Veränderlichkeit der Organismen überhaupt wird, wie dies von Emery¹ erstmals ausgesprochen worden ist, durch Ursachen von zweierlei Art bedingt; die einen werden durch die Eigenschaft des Keimplasmas, die anderen durch die Bedingungen des umgebenden Mediums bestimmt. Erstere bezeichnet der Autor als angeborene, blastogene, letztere als erworbene, somatogene Faktoren.² Diese letzteren erscheinen denn auch als die nächstliegenden Ursachen für die Entstehung der Kasten und derjenigen Modifikationen, welche bei ihnen beobachtet werden.

Vom Gesichtspunkte dieser Theorie aus betrachtet, erscheinen die Arbeiter der Hummeln, Wespen, Bienen und Ameisen als eine Folge der Ernährungsweise, deren Charakter Marchal³ durch die Worte „castration nutritiale“ bezeichnet hat. Die ungeschlechtlichen Individuen waren demnach ein Ergebnis experimenteller Teratogenie, welche von den Insekten selbst ausgeführt und von der natürlichen Auslese unterstützt wurde. Die Tatsachen, durch welche dieser Schluß bestätigt wird, sind so zahlreich, daß dessen Richtigkeit nicht mehr angezweifelt werden kann.⁴

Ich werde hier nur eine solche Tatsache anführen: In zwei Nestern von *Bombus muscorum* fand ich im Sommer 1903 je zwei Generationen von Zwergarbeiterinnen. Gewöhnlich treten solche Arbeiterinnen bei den Hummeln am Anfange des Sommers als erste Individuen der Brut auf. Die Nahrung ist zu dieser Zeit nur spärlich vorhanden, da dieselbe von der Königin allein zubereitet wird. Allein es ereignete sich, daß das Nest von Parasiten heimgesucht wurde, deren es in dem betreffenden Jahre sehr viele gab (ich fand 5 Nester, welche von Parasiten fast gänzlich zerstört waren, und während meiner Abwesenheit, vom 17. Juni bis zum 8. Juli, gingen alle sechs von mir in der Gefangenschaft gehaltenen Stöcke infolge verschiedener Parasiten zu Grunde). Zu dieser Zeit waren schon viele Larvenzellen in den verschiedensten Entwicklungsstadien vorhanden; da nun die Larven einiger Parasiten die Puppen der Hummeln angreifen (indem sie deren Kokons durchnagen), so ereignete sich folgendes: Die Zahl der das Futter liefernden Arbeiterinnen hörte mit einem Schlage auf, sich zu vermehren, was unter normalen Bedingungen des Lebens hätte erfolgen müssen, während die Zahl der nahrungsbedürftigen Mäuler immer größer wurde und mit jedem Tage immer mehr und mehr Nahrung verlangt wurde. Und nun begann, offenbar weil viel weniger Nahrung herbeigeschafft wurde als notwendig gewesen wäre, eine zweite Generation von Zwergweibchen den Kokons zu ent-

¹ C. Emery, Le polymorphisme des Fourmis et la castration alimentaire. Compte-rendu des séances du troisième Congrès International de Zoologie 1896, Leyde.

² Daniel Rosa, („Die progressive Reduktion der Variabilität und ihre Beziehung zum Aussterben und zur Entstehung der Arten“). Jena 1903) hält eine solche Einteilung für künstlich und nimmt an, ein jedes Merkmal sei zum Teile blastogenen zum Teile somatogenen Ursprunges. Diese Correction ändert meiner Ansicht nach nichts an dem von Emery aufgestellten Prinzipie, da schließlich alle Erscheinungen auf gemeinsame und alleinige Gesetze zurückzuführen sind, woraus jedoch natürlich durchaus nicht folgt, daß die Unterscheidungen zwischen denselben künstlich sind; logischerweise hätte Rosa behaupten müssen, daß auch die Unterscheidung zwischen dem Menschen und Affen eine künstliche sei, da sowohl der Affe Merkmale der menschlichen Organisation, wie der Mensch Merkmale des Affen besitzt.

³ P. Marchal, La castration nutritiale chez les Hyménoptères sociaux. Comptes-rendus de la Société Biologique. 1897.

⁴ P. Marchal, La reproduction et l'évolution des guêpes sociales. Archives de Zoologie expérimentale et générale. III. sér., Tom. IV. Année 1896.

schlüpfen. Der größte Teil derselben wurde in ihren Kokons von den Parasiten gefressen, allein diejenigen, welche sich hatten entwickeln können, legten Zeugnis von dem Prozesse ab, der sich hier abgespielt hatte und in folgender Weise ausgedrückt werden kann: statt der üblichen Vergrößerungen im Wuchse der Weibchen mit dem Auftreten neuer Generationen (wobei wir 5 Größengrade für die Arbeiterinnen der Hummel-, „Familie“, und zwar 1) die Zwergweibchen und 2), 3), 4) und 5) die großen Weibchen annehmen, — ergab sich folgende Reihe: 1, 2, 3, wiederum 1 und hierauf der Untergang, oder richtiger gesagt, das langsame Absterben der „Gemeinde“.

Diese Rückkehr zum ursprünglichen Stadium ergab sich als eine direkte Folge der Ernährungsweise, wie sie während der Entwicklung des Zusammenlebens dieser Insekten zu jeder Zeit beobachtet werden kann.

Von großem Interesse im Sinne des angeführten Gesichtspunktes sind auch die von E. Wasmann mitgeteilten Tatsachen.¹ Dieser Forscher berichtet folgendes: In den Ameisenestern finden sich bekanntlich Individuen, die zwischen den Arbeiterinnen (neutres) und den Weibchen stehen; es erweist sich nun, daß wenn eine Larve zuerst die für Weibchen bestimmte Nahrung erhält, sodann aber mit der Nahrung der Arbeiterinnen (neutres) gefüttert wird, aus dieser Larve ein Wesen entsteht, das zwar den Körper des Weibchens besitzt, allein geschlechtslos ist (asexué). Wird dagegen die Ernährung in der umgekehrten Reihenfolge vorgenommen, so bildet sich aus der Larve ein Wesen mit dem Körper einer Arbeiterin (neutre), allein mit ausgebildeten Geschlechtsorganen (sexué).

Die Richtigkeit des Gedankens von der Einwirkung der Nahrung auf die Entwicklung wird ferner durch einige Tatsachen bestätigt, auf welche Emery hingewiesen hat: die mangelhafte Ernährung der Larven ruft das Auftreten von zwergartigen Fliegen, Schmetterlingen und verschiedenen anderen Tieren hervor.

Für die Hummeln und Wespen kann eine solche Wirkung der Nahrung im unmittelbaren Sinne angenommen werden, d. h. diese Wirkung wird hier durch die Quantität und Qualität der Nahrung direkt bestimmt. Was die Bienen betrifft, wo die zwischen der Königin und den Arbeiterinnen liegenden Stadien ausgefallen sind, so daß der Unterschied zwischen den am weitesten voneinander stehenden Kasten ein sehr tiefgehender ist, so läßt sich die Sache folgendermaßen erklären: der Evolutionsprozeß dieser Insekten ist in einer so langen Zeitperiode vor sich gegangen, daß die gegenwärtige Bienenkönigin und -arbeiterin einerseits als das Produkt der Ernährungsweise, welche sich vielleicht in einer anderen Art und auf einem anderen Stadium der postembryonalen Entwicklung geltend gemacht hat, andererseits aber als das Produkt jener vererbten Fähigkeiten aufgefaßt werden kann, welche unter der Mitwirkung der natürlichen Auslese in der Vergangenheit von ihrem Keimplasma herausgearbeitet worden waren.

Wie sich nun auch die Ergebnisse bezüglich der Entstehung der Kasten bei den „sozialen“ Insekten gestalten mögen, — so legt doch dasjenige, was über die biologische Bedeutung dieser Erscheinung bekannt geworden ist, einstweilen dafür Zeugnis ab, daß die morphologische Verschiedenheit zwischen den Gliedern der „Gemeinden“ bei den sogenannten sozialen Insekten eine äußerst tief eingreifende ist, nament-

¹ Die ergatogynen Formen bei den Ameisen und ihre Erklärung. (Biolog. Zentralbl. XV, 1895).

lich da, wo mehrere Kasten vorhanden sind: nicht allein die morphologischen Merkmale, sondern auch die psychologischen Fähigkeiten können in ebenso hohem Maße verschieden sein, wie bei jeder anderen Symbiose. Diese Schlußfolgerung, in Verbindung mit derjenigen, welche ich bezüglich des Fehlens einer morphologischen Einheitlichkeit bei den Hummeln (Bienen, Ameisen u. s. w.) ausgesprochen habe, veranlassen mich, den ersten der drei weiter oben von mir aufgestellten Sätze — daß das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten nicht einer Familie entspricht — als bewiesen zu erachten: es gibt bei den Tieren keine solche Familie (in der direkten Bedeutung dieses Wortes), in welcher der morphologische Unterschied zwischen den Gliedern, aus denen dieselbe besteht, dauernd größer bliebe, als der Unterschied zwischen Männchen und Weibchen.

B. Das „Zusammenleben“ der Hummeln kann weder als eine Herde, noch als eine Gesellschaft und noch weniger als ein Staat aufgefaßt werden.

Der Beweis für die Richtigkeit dieses Satzes fällt nicht schwerer, als derjenige für den ersten Satz, von dem soeben die Rede war. Der zweite Satz wird bewiesen:

1) Durch das Fehlen der morphologischen Einheitlichkeit, wie sie bei einer Ansammlung, einer Herde oder einer Gesellschaft in unserem Sinne stets vorhanden ist, einerlei auf welcher Entwicklungsstufe diese biologischen Organisationen auch stehen mögen. Ich werde hierauf nicht nochmals eingehen, sondern nur bemerken, daß durch das Leben in einer echten „Gesellschaft“ die individuellen morphologischen Eigentümlichkeiten ihrer Glieder nie verändert werden, während bei den Hummeln und den gesellig lebenden Bienen das Zusammenleben eine um so höhere Stufe erreicht, je mehr die individuellen Glieder der betreffenden Gesellschaft morphologisch und psychologisch verloren haben.

Das Zusammenleben in echten Gesellschaften erweist sich als um so vollkommener, je vielseitiger und entwickelter die Instinkte der die Gemeinde ausmachenden Individuen sind, und je mehr ein jedes dieser Individuen aus dem geselligen Leben Vorteil zieht. Im direkten Gegensatz hierzu ist die „Gesellschaft“ der sogenannten sozialen Insekten um so vollkommener, je mehr die Instinkte der Einzeltiere durch spezielle, für die Art vorteilhafte, für das Individuum dagegen nachteilige Funktionen verändert und eingeschränkt werden.

2) Ein zweiter Beweis liegt in der Tatsache, daß nicht nur in der menschlichen Gesellschaft, sondern auch in den halbwegs entwickelten tierischen Gesellschaften eine Arbeitsteilung unter den Gliedern dieser Gesellschaften besteht, während bei den „sozialen“ Insekten keine Spur davon zu bemerken ist. Allerdings reden die Autoren bei der Beschreibung des Lebens der „sozialen“ Insekten von einer solchen Arbeitsteilung, allein es fällt nicht schwer, den Nachweis dafür zu liefern, daß diejenige Erscheinung, die bei den Insekten als „Arbeitsteilung“ beschrieben wird, in keiner Weise einer solchen entspricht. Dasjenige, was wir bei den genannten Insekten beobachten, ist keine Einteilung der Arbeit unter den Individuen einer Gesellschaft, sondern eine Verteilung der physiologischen Funktionen, was durchaus nicht dasselbe ist: die Arbeitsteilung ist ein ökonomisches, die Verteilung der Funktionen dagegen ein anatomisch-physiologisches Prinzip.

Ich brauche hiernach nicht ausführlich zu begründen, daß ich eine Verwechslung dieser beiden Begriffe für einen groben Fehler halte. Ich will nur folgendes hervorheben: greifen wir irgend eine echte Gesellschaft bei den Tieren heraus — von deren erstem Auf-

treten an bis zu den höchsten Formen des menschlichen Zusammenlebens —, so werden und können wir niemals eine Organisation derselben finden, die durch morphologische Eigentümlichkeiten der die Gesellschaft ausmachenden Glieder bedingt wäre, ausgenommen die Eigentümlichkeiten, die das Männchen vom Weibchen unterscheiden. Bei den „sozialen“ Insekten dagegen ist die sogenannte Arbeitsteilung geradezu eine Folge der entsprechenden Veränderungen in der Organisation.

Aus diesem Grunde nimmt die Hummelgemeinschaft, in der die Verteilung der Funktionen weniger scharf ausgesprochen ist, als bei allen übrigen sogenannten sozialen Insekten, in Wirklichkeit nicht die niedrigste, wie gewöhnlich angenommen wird, sondern die höchste Stufe unter diesen Insekten ein, d. h. diejenige, welche von der wahren Geselligkeit die geringste Abweichung zeigt.

Die Arbeiterinnen unterscheiden sich bei den Hummeln nur wenig von den echten Weibchen und die Bezeichnung der kleinen Weibchen in der Hummelfamilie mit dem gleichen Ausdruck Arbeiterin, der auch für gewisse Kasten der Bienen, Wespen und Ameisen gebraucht wird, erscheint daher als nicht ganz treffend. Und wie die Hummelarbeiterinnen nicht den Bienenarbeiterinnen entsprechen, so entsprechen auch die Drohnen der Hummeln nicht denjenigen der Bienen: sie suchen sich ihre Nahrung selbst und arbeiten im Neste.

Was übrigens die Arbeitsfähigkeit der Männchen bei den sogenannten sozialen Insekten betrifft, so hat dieselbe nichts mit der Vollkommenheit der „Arbeitsteilung“ bei ihnen zu tun: bei *Melipona* z. B., wo die „Gemeinde“ aus der befruchteten Königin, nicht befruchteten Weibchen (welche parthenogenetisch Männchen hervorbringen), echten Arbeiterinnen und Drohnen besteht, beteiligen sich die letzteren an dem Bau des Nestes, sie besitzen die Fähigkeit gleich den Arbeiterinnen Wachs auszuschcheiden u. s. w. Auch dieser Umstand weist darauf hin, daß die Art des Zusammenlebens der sogenannten sozialen Hymenopteren keinerlei Beziehung hat zu der Verteilung der Arbeit unter den Gliedern einer wahren Gemeinde, d. h. zu jenem Prinzip der Arbeitsteilung, wie es in der Soziologie unter dieser Bezeichnung aufgefaßt wird.

Kapitel IV.

Das Studium der verschiedenen Formen biologischer Organisation im Tierreiche führt zu der Überzeugung, daß zwischen dem Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten und der wahren Geselligkeit keinerlei Zusammenhang besteht.

Angefangen von Compté¹, der im Jahre 1822 die Soziologie als eine „Fortsetzung der Biologie“ bezeichnete, bis zu Kidd², der bald nach Compté und Spencer die Soziologie für einen „Teil der Biologie“ hielt — vernehmen wir einmütige und übereinstimmende Aussprüche über die innigen Beziehungen und über die Unzertrennlichkeit dieser beiden Disziplinen der Wissenschaft, sowie über die Unmöglichkeit, die erstere unabhängig von der zweiten zu behandeln.

Sobald jedoch die Frage aufgeworfen wird, worin denn eigentlich diese Be-

¹ A. Compté, *Système de politique positive*.

² Benjamin Kidd, *Social Evolution*.

ziehungen bestehen, und wo denn eigentlich beide Wissenschaften ihren Berührungspunkt haben, — beginnen alsbald die Meinungsverschiedenheiten, die sich nicht selten über die gesamte Front der Argumentation der Widersacher erstrecken. Den Ausgangspunkt in der Polemik, welche die Anhänger der verschiedenen Ansichten über den Gegenstand miteinander ausfechten, bildet die Frage: was stellen die Gesellschaft und der Staat vor, und woher können in ihrem Leben Gesetze der Biologie mehr oder weniger ausgedehnte Anwendung finden und finden sie auch in der Tat? — Bezüglich dieser Frage finden wir in der einschlägigen Literatur zwei Kategorien von Ansichten.

Zu der einen dieser Kategorien gehören diejenigen Autoren (und zwar bilden dieselben die Mehrheit), welche die Gesellschaft für einen Organismus ansehen; dabei ist dieser Organismus nach der Auffassung der einen kein realer Organismus, sondern ein dem wahren, morphologischen durchaus analoger Organismus (hierzu gehören Compté, Spencer, Schäffle, A. Fouillée u. A. m.), nach der Auffassung Anderer sind Gesellschaft und Staat echte, reale Organismen (Lilienfeld-Worms), während endlich eine dritte Gruppe von Forschern die Gesellschaft für einen Organismus *sui generis* erklärt, der gleich dem tierischen Organismus ein Nervensystem besitzt, nämlich die Summe von Gehirnen der die Gesellschaft oder den Staat ausmachenden Individuen (A. Fouillée).

Zu der anderen Kategorie gehören diejenigen Autoren, die die Gesellschaft (und den Staat) als das Produkt einer Familie ansehen, die auf den Instinkten der Fortpflanzung beruht; die Blutsverwandtschaft ihrer Glieder untereinander ruft bei dem Übergange der Familie in die Gesellschaft die Entstehung des altruistischen Gefühles hervor, welches dazu dient, die Elemente der Gesellschaft untereinander zu einem organischen Ganzen zu verbinden. Für die Autoren dieser Kategorie stellt sich die Stammesgeschichte der Gesellschaft in folgender Gestalt dar:

- 1) Das Paar.
- 2) Die Familie.
- 3) Die Gesellschaft.
- 4) Der Staat.

Durch ein Ausgehen von derartigen Gesichtspunkten werden die Fragen über den Punkt, wo sich die Soziologie an die Biologie anschließt, wie auch darüber, worin denn eigentlich der Zusammenhang zwischen diesen beiden Disziplinen besteht, naturgemäß von vorne herein beantwortet.

Was nun meine eigene Ansicht betrifft, so halte ich den Organismus und die Gesellschaft durchaus nicht für gleichgeartet, sondern für prinzipiell voneinander verschieden: der Organismus — eine so niedrige Stufe der Einfachheit er auch darbieten möge — unterscheidet sich scharf von der Gesellschaft durch den innigen (organischen) Zusammenhang seiner Teile untereinander, sowie durch das Vorhandensein eines Sensoriums, wie Spencer jene Elemente des Ganzen nennt, in welchen die Sensibilität konzentriert ist. Die Gesellschaft dagegen, wie auch alle anderen Formen biologischer Organisation, worunter ich Assoziationen von Organismen untereinander verstehe (welches auch die daraus entstehenden

den gegenseitigen Beziehungen der Organismen zueinander sein mögen), ist durch Merkmale charakterisiert, welche den angeführten diametral entgegengesetzt sind. Als solche sind hervorzuheben: die räumliche Trennung der Teile und das Fehlen eines Sensoriums.

Alle Versuche, den radikalen und tiefgreifenden Unterschied zwischen Gesellschaft und Organismus zu beseitigen, erscheinen mir nicht nur als der Beweiskraft entbehrend, sondern sie lassen meiner Ansicht nach diesen Unterschied nur noch mehr hervortreten.

Aus dem Obengesagten ergibt sich, daß ich von Individualitäten morphologischer Organismen hier nicht zu reden brauche, indem alle Typen dieser Individualitäten der uns interessierenden Frage ganz fernstehen.

Was dagegen die biologische Organisation betrifft, so werden wir uns mit derselben zu beschäftigen haben, da von ihr in der einschlägigen Literatur, soviel mir bekannt ist, entweder nirgends die Rede ist oder aber dieselbe von einem anderen Standpunkte aus behandelt wird, als der meinige es ist, und weil deren genaue Feststellung für die Lösung der zu besprechenden Frage von außerordentlicher Wichtigkeit erscheint.¹

¹ Anmerkung. Der erste Autor, welcher die biologischen Individualitäten (jedoch nicht die biologischen Organisationen) zur Sprache brachte, war meines Wissens G. Jäger (Lehrbuch der Zoologie).

Dieselben werden seiner Ansicht nach aus morphologischen Individualitäten zusammengesetzt und unterscheiden sich von diesen dadurch, daß sie biologische Assoziationen darstellen. Eine Grenze zwischen beiden kann jedoch nach den Worten des Autors nicht gezogen werden. Die genetischen Prozesse, durch welche die Entstehung der biologischen Individualitäten bedingt wird, bestehen nach Jäger in der Fortpflanzung. Er unterscheidet:

1. Das Paar als primäre biologische Individualität; dasselbe kommt bei geschlechtlich getrennten Tieren zur Beobachtung, während bei den Hermaphroditen dieser Typus von Bio-Individualitäten mit der morphologischen Individualität vereinigt erscheint. Die Paare können eingeteilt werden:

nach ihrer Zeitdauer in

- a. temporäre,
- b. während des ganzen Lebens andauernde (Ehepaare),

nach der Zahl der sich zusammentuenden Individuen, in

- a. monogame Paare,
- b. polygame Paare,

nach ihren morphologischen Merkmalen, in

- a. gleichgestaltete Paare,
- b. ungleichgestaltete Paare.

2. Die Familie; dieselbe kann sein:

- a. ohne Haupt (ohne Führer; z. B. der Heuschreckenschwarm u. a. m.)
- b. mit einem Familienhaupt und zwar
 - eine Patriarchie, oder
 - eine Matriarchie (Gänse).

3. Den Staat, welcher aus Familien zusammengesetzt wird. Das charakteristische Merkmal des Staates ist die Arbeitsteilung innerhalb der Gesellschaft. Diese Organisation wird nur bei den Insekten und dem Menschen angetroffen.

Mit Ausnahme des Gedankens von der Notwendigkeit, die Familie und die Gesellschaft in das Gebiet des zu untersuchenden Gegenstandes mit einzuschließen, bieten alle Betrachtungen Jäger's eine Reihe von Irrtümern dar, einschließlich der Wiederholung des alten Fehlers, seine biologische Reihe (d. h. die Lehre von der Familie und der Gesellschaft als biologische Individualitäten) der Reihe morphologischer Individualitäten anpassen zu wollen. Jäger's Anschauungen darüber, daß der Staat aus der Familie entstanden ist, daß derselbe, als eine der Formen des Zusammenlebens, das höchste Glied in der Kette der biologischen (sich unmittelbar an die Reihe der morphologischen anschließenden) Individualitäten darstellt und nur bei den Menschen, den Bienen, Wespen, Ameisen und Termiten angetroffen wird — stellen sämtlich eine Reihe von Irrtümern dar.

Die Tatsache, daß die Gesellschaft ihren Ursprung nicht der Familie verdankt, und daß sie nicht das höchste Glied jener von Jäger vorausgesetzten Kette biologischer Individualitäten darstellt, wird von selbst aus demjenigen hervorgehen, was in dem vorliegenden Kapitel über die biologischen Organisationen gesagt werden wird; was jedoch die Bestätigung Jäger's darüber betrifft, daß die Staatenform der Geselligkeit bei dem Menschen, den Bienen, Wespen, Ameisen und Termiten angetroffen wird, so beabsichtige ich auf diese Frage — um deren Lösung sich so viele hervorragende Forscher resultatlos bemüht haben, — in einem späteren Kapitel zurückzukommen, welches darüber handeln soll „was Staaten der sogenannten sozialen Insekten vorstellen“.

Ich bemerke vor allem, daß ich in den Erscheinungen, welche als biologische Organisationen bezeichnet werden, drei parallele, unabhängig voneinander zur Entwicklung gelangte und trotz vielfacher enger Berührungspunkte durchaus selbständige **Reihen** unterscheide, von welchen eine jede ihre Geschichte, ihre spezifischen Züge und gewisse ihr allein zukommende Eigentümlichkeiten besitzt.

Die nachstehende Tabelle zeigt uns diese Reihen mit den sie aufbauenden Gliedern.

Biologische Organisationen:

1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe
a) Der Kommensalismus. b) Der Mutualismus. c) Der Parasitismus. d) Die biologische Organisation der sogenannten sozialen Insekten u. a. m.	a) Das Paar. b) Die Familie.	a) Die Ansammlung (Zusammenscharung). b) Zeitweilige und ständige Aggregationen. c) Die Herde. A) Die Horde. B) Eine Reihe anderer Formen menschlicher Organisationen des Gesellschaftslebens. C) Der Staat.

Die erste Reihe unterscheidet sich von den beiden anderen dadurch, daß die biologischen Organisationen dieser Reihe stets zwischen Tieren mit verschiedenartigen morphologischen Merkmalen zustande kommen. Dabei können die Eigentümlichkeiten, welche die Verschiedenartigkeit der Merkmale bedingen, bisweilen recht auffallend sein (so bei den Tieren verschiedener Klassen). Sie sind bisweilen aber auch gering, übertreffen jedoch stets die unterscheidenden Eigentümlichkeiten zwischen Männchen und Weibchen einer Art.

Diese Reihe, für welche ich, um keinen neuen Namen aufstellen zu müssen, die Bezeichnung als die **sympiotische Reihe biologischer Organisationen** vorschlage, wird außerdem noch durch folgende Eigenschaften charakterisiert: 1) Der Vorteil derartiger Organisationen ist in den meisten Fällen nicht nur auf den einen Teilnehmer beschränkt, sondern in gewissen Fällen (Parasitismus) gereicht er dem anderen Teilnehmer sogar zum Nachteil; 2) weder altruistische Erregungen, noch Befähigung zu Traditionen, noch endlich ein Vermögen der Nachahmung kommt bei dieser Reihe zur Beobachtung.¹

Die zweite Reihe, die man am treffendsten als die **geschlechtliche biologische Organisation** bezeichnen könnte, kommt im Gegensatze zu der ersten Reihe stets nur zwischen Individuen einer Art zustande; die morphologischen Eigenschaften dieser Individuen sind niemals stärker voneinander verschieden, als bei Männchen und Weibchen einer Art. Diese Organisation ist stets für alle Individuen der betreffenden Art und des betreffenden

¹ Anmerkung. Die wirbellosen Tieren besitzen überhaupt gar keine Fähigkeiten zur Nachahmung in dem Sinne, wie wir sie bei den höherstehenden Tieren auffassen; was diese letzteren betrifft, so besitzen sie diese Fähigkeiten nur in Bezug auf Individuen der gleichen Art. In Bezug auf diejenigen Tiere, mit welchen sie eine Symbiose eingehen, werden Fähigkeiten zur Nachahmung nicht beobachtet: Zebras können Zebras nachahmen, Strauße — Straußen, aber zu einander verhalten sich diese Tiere wie zu Gegenständen lebloser Natur, obgleich sie sich zusammen aufhalten.

Verbandes von Vorteil. — Die Grundlage für diese Organisation bildet der geschlechtliche Instinkt.

Die dritte Reihe könnte man am treffendsten die **gruppenweise oder soziale-biologische Organisation** nennen. Sie unterscheidet sich von der ersten Reihe dadurch: 1) daß sie zwischen Individuen zustande kommt, deren morphologische Eigentümlichkeiten die das Männchen vom Weibchen unterscheidenden Eigentümlichkeiten niemals übertreffen, 2) daß eine solche Organisation, auf welcher tiefer Stufe der Entwicklung sie auch stehen möge, dennoch stets für alle Individuen der gegebenen Art und des gegebenen Verbandes von Vorteil ist, 3) endlich, daß derartigen Organisationen die Befähigung zur Nachahmung, bei den höheren Typen des Tierreiches auch eine solche zu Traditionen, zu Grunde liegt.

Von der zweiten Reihe dagegen unterscheidet sich diese biologische Organisation dadurch, daß sie weder für ihre Genese noch für ihre Evolution der geschlechtlichen Instinkte bedarf. So kommt es, daß bei den hierher gehörigen Tieren die soziale Geselligkeit typisch ausgeprägt sein kann, während zu gleicher Zeit Familienbildung völlig fehlt; wie ja auch umgekehrt die familiäre Organisation von der sozialen durchaus unabhängig ist. Außerdem unterscheidet sich die dritte Reihe von der zweiten noch dadurch, daß ihr ein Instinkt zu Grunde liegt, den man am passendsten als den **Gruppeninstinkt**, bei den höherstehenden Tieren dagegen als den **sozialen Instinkt** bezeichnen könnte. Wir finden diesen Instinkt bereits auf der ersten Stufe dieser Reihe biologischer Organisationen, als welche ich die **Ansammlungen (Zusammenscharungen)** von Tieren auffasse.

Das nachstehende Schema gibt uns ein ganz bestimmtes Bild davon, was ich unter den Reihen von biologischen Organisationen verstehe.

Biologische Individualitäten		Biologische Organisationen.		
Morphologische Reihe	Physiologische Reihe	Symbiotische Reihe	Reihe der geschlechtlichen Organisationen	Reihe der Gruppen-Organisationen (soziologische Reihe)
1. Plastide	1. Wirklicher Biont	1. Commensalismus	1. Paar	1. Ansammlung.
2. Organe	2. Möglicher Biont	2. Mutualismus	2. Familie	2. Zeitweilige u. beständige Aggregationen.
3. Antimeren	3. Spezieller Biont (nach H ä c k e l)	3. Parasitismus	(mit ihren Unterteilungen).	3. Herde.
4. Metameren		Zu dieser letzteren Gruppe gehören die sogenannten sozialen Insekten.		4. Horde.
5. Personen (nach H ä c k e l).				5. Verschiedene andere Formen menschlicher Organisationen der Gesellschaft.
— × —				
1. Zelle				6. Staat.
2. Zellcomplex				
3. Pflanze (Knospe) (nach Schleiden)				

Das von mir vorgeschlagene Schema gibt uns eine ganz bestimmte Antwort auf die aufgeworfene Frage: in welcher Beziehung steht das Zusammenleben der sogenannten

sozialen Insekten zu der Evolution der Geselligkeit im Tierreiche? Es gibt hierauf nur die eine Antwort: jenes Zusammenleben steht in keinerlei Beziehung zu dieser Evolution und hat mit ihr absolut nichts zu tun.

In den nachfolgenden Kapiteln werde ich eingehende Betrachtungen mitteilen, welche den in der obenstehenden Tabelle ausgedrückten Gedanken bestätigen.

Kapitel V.

Das Zusammenleben der „sozialen Insekten“

repräsentiert eine spezielle Form der Symbiose, mit dem Charakter eines deutlich ausgesprochenen Parasitismus.

Was stellt das „Zusammenleben“ der sogenannten „sozialen“ Insekten, als biologische Organisation betrachtet, dar?

Indem ich die oben dargelegten Angaben berücksichtige — d. h. den Polymorphismus der zusammenlebenden Individuen, das Fehlen eines mütterlichen Instinktes, endlich die absolute Unfähigkeit zur Nachahmung und zu gegenseitigen Mitteilungen durch Hilfsmittel, wie sie diese Fähigkeit bei den Individuen einer Herde und einer Gesellschaft charakterisieren —, komme ich zu dem Ergebnisse, daß das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten weder eine Familie, noch eine Herde, noch eine Gesellschaft und noch weniger ein Staatenwesen genannt werden darf.

Aber was stellt denn dieses Zusammenleben dar?

Es ist eine spezielle Form der Symbiose, die den Charakter eines deutlich ausgesprochenen Parasitismus zur Schau trägt.

Ich begründe diese meine Behauptung durch folgende Erwägungen:

1) Der Polymorphismus der zusammenlebenden Individuen; dieser Umstand ist bereits weiter oben erwähnt und seine Bedeutung besprochen worden, weshalb ich mich bei diesem Gegenstande nicht länger aufhalten werde.

2) Den Ausgangspunkt in der Phylogenie der „sozialen Insekten“ bilden Formen, welche parasitische Instinkte besitzen und sich parthenogenetisch fortpflanzen, und zwar sind dies keine zufälligen und vorübergehenden Merkmale, sondern obligatorische und beständige.

3) Die außerordentliche Fruchtbarkeit der Weibchen, die für einen parasitischen Charakter des Wesens der „Gemeinde“ spricht.

4) Die Reduktion vieler Instinkte bei den „sozialen“ Insekten im Vergleiche mit den einsam lebenden Insekten.

5) Die Reduktion des Nervensystemes der Weibchen und Männchen gegenüber dem der einsam lebenden Bienen.

6) Die Reduktion einiger morphologischer Merkmale.

Untersuchen wir nunmehr einen jeden dieser fünf letzten Punkte einzeln.

2) Den Ausgangspunkt in der Phylogenie der Bienen bilden, wie dies durch wissenschaftlich nachgewiesene Tatsachen erhärtet wird, Formen, welche durch parasitische Instinkte und durch Parthenogenese gekennzeichnet sind, und zwar die Gattungen *Sphécodes* und *Halictus*.

Die Phylogenie der Hymenopteren ist bereits von vielen Autoren festgestellt worden; die in chronologischer Reihenfolge allerletzten Versuche, diese Frage zu lösen, finden wir bei Friese und v. Buttel-Reepen.

Die von Friese aufgestellte Tabelle setzt sich aus zwei Gruppen zusammen, von denen die eine alle Gattungen von Bienen umfaßt, welche die Vorräte mit den Beinen einsammeln (Beinsammler), die andere dagegen diejenigen Gattungen, welche mit dem Bauche einsammeln (Bauchsammler). Die höchsten, letzten Stufen in der Gruppe der Bauchsammler nehmen nach dem genannten Autor die Gattungen *Osmia*, *Chalicodoma* u. a. m. ein, während die Gattung *Prosopis* deren Ausgangspunkt bildet. Unter den höchsten Vertretern der Beinsammler finden wir die Gattungen *Bombus* und *Apis*. Es ist nun meiner Ansicht nach sehr lehrreich, daß Friese als den Ausgangspunkt der genealogischen Reihen in dieser letzteren Gruppe die Gattungen *Sphecodes* und *Halictus* ansieht. Und was stellen denn diese Bienen dar?

Was die Gattung *Sphecodes* betrifft, so sind dies nach P. Marchal, Fertou, Alfken, Breitenbach, von Buttel-Reepen u. a. m. entweder echte Parasiten, oder aber Formen, welche nahe daran sind, es zu werden. v. Buttel-Reepen hält die erstere Annahme, d. h. daß *Sphecodes* ein echter Parasit sei, für die richtigere. Friese vermutet, daß hier „entweder ein symbiotisches Verhältnis vorwalten möge, oder daß wir es mit der eben erwähnten Möglichkeit zu tun haben, nämlich mit einer Art, die sich in einigen Gegenden dem parasitären Leben zuwendet.“ Smith führt Beobachtungen an, aus welchen hervorgeht, daß *Sphecodes* kein Parasit ist. Andererseits konstatieren einige französische Forscher in Bestätigung der parasitischen Lebensweise dieser Bienen, daß erbitterte Kämpfe zwischen *Sphecodes* und den Inhabern des Nestes stattfanden, indem erstere dieses Nest für ihre Zwecke benutzen wollten. Allerdings ist darauf erwidert worden, daß ein echter Parasit angeblich niemals kämpfe, allein dies beruht auf einem Irrtum: *Psithyrus* ist ein echter und zweifelloser Parasit der Hummeln (in der allgemein angenommenen Bedeutung dieses Begriffes) und doch hat bereits Ed. Hoffer bestätigt, daß sich zwischen dem Hummelweibchen und *Psithyrus* häufig ein richtiger und andauernder Kampf entspinnt, der solange andauert, bis ersteres sich endlich davon überzeugt, daß sein Widerstand umsonst ist, worauf es sich dem Eindringling unterwirft, oder aber bis es im Kampfe zu Grunde geht. Ich selbst habe mehr als einmal Gelegenheit gehabt, mich von der Richtigkeit dieser Beobachtung zu überzeugen. — Unter Berücksichtigung aller dieser und anderer Beobachtungen und Ansichten neige ich zu der Annahme, daß *Sphecodes* keine parasitische Form repräsentiert, da sie Vorrichtungen an den Beinen zum Einsammeln von Nahrung besitzt, wohl aber eine Form, welche eine Tendenz zum Parasitismus an den Tag legt, und bereit ist, zu einem Parasiten zu werden, sobald sich nur die Gelegenheit dazu bietet.

Was nun die Gattung *Halictus* betrifft, welche als Ausgangspunkt in der Phylogenie der „sozialen“ Insekten betrachtet und von einigen Forschern (wie z. B. v. Buttel-Reepen) den Hummeln nahegestellt wird, so können wir in Anbetracht der Beobachtungen von Fabre¹ und Friese die Parthenogenese bei *Halictus* als festgestellte Tatsache hinnehmen, trotz der Einwände von Pérez in dessen Buche „Les Abeilles“.

¹ J. H. Fabre. Etudes sur la parthénogénèse des Halictus. Ann. Sc. Nat. 9^e sér. t. IX.

Den Übergang von den solitären *Halictus* zu den sozialen Insekten konstruiert v. Buttel-Reepen auf Grund folgender Betrachtungen:

„In besonders günstigen Gegenden entwickelte sich vielleicht eine Nestform ähnlich wie die bei *Halictus quadricinctus* zu großem Zellenreichtum, so daß viele Junge der rein weiblichen Sommergeneration, da sie keiner Befruchtung bedurften, sofort ihren Fütterinstinkten beim Anblick der noch offenen Zellen gehorchten und Nahrung herbeitrugen und so der Mutter zur Hand gingen, wenn ich mich so ausdrücken darf. Sie halfen nun naturgemäß nicht allein bei der Fütterung, sondern kamen auch ihren Bau- und Legeinstinkten nach, so daß jetzt in der Tat mehrere Weibchen an einem Nest tätig waren. Die erste Familie (Kolonie) war damit erreicht.

Trotz der ganz unwahrscheinlichen Annahme, daß die Sommerweibchen von *Halictus* „bei dem Anblick“ der leeren Zellen ihrer Mutter hilfreich zur Hand gingen (einer Annahme, welche mit der von dem Autor selbst und zwar mit vollem Recht aufgestellten These von der Unveränderlichkeit der Instinkte unter der Einwirkung psychischer Motive¹, in direktem Widerspruche steht), lassen die Beobachtungen, durch welche das Vorhandensein gewisser elementarer sozialer Instinkte bei *Halictus* sowie die Befähigung dieser Bienen zur Parthenogenese festgestellt werden, die Ansicht v. Buttel-Reepens — diese Insekten stellten eine der untersten Etappen der phylogenetischen Stufenleiter der gesellig lebenden Insekten dar — als äußerst glaubwürdig erscheinen.

Man wird natürlich zugeben müssen, daß zwischen *Halictus* und den Hummeln unendlich weniger Ähnlichkeit als Unterschied besteht, was sogar in der Parthenogenese zu Tage tritt; bei *Halictus* hat diese letztere keine anderen Folgen als jene, die bei den der Parthenogenese fähigen Insekten allgemein verbreitet sind (und die schon Leuckart als ein Mittel der Art, die Zahl ihrer Individuen zu vermehren, bezeichnet hat) — und sie steht in keinerlei Beziehungen zu besonderen Erscheinungen ihres Zusammenlebens. Bei den Hummeln und anderen sogenannten „sozialen“ Insekten dagegen hat die Parthenogenese einen gänzlich anderen Sinn und eine andere Bedeutung; hier besteht ihre Aufgabe nicht darin, die Individuenzahl einer Art zu vergrößern, sondern in der Errichtung einer besonderen Form des Lebens, als deren Grundlage und notwendige Bedingung die Parthenogenese erscheint, und die, wie auch jede andere Form, eines der Mittel im Kampfe um das Dasein darstellt.

Immerhin besteht die Parthenogenese sowie gewisse andere Ähnlichkeiten, so daß die Annahme v. Buttel-Reepens durchaus nichts Unwahrscheinliches in sich trägt. Daß aber v. Buttel-Reepen gerade *Halictus* als diejenige Form bezeichnet hat, von der seiner Auffassung nach bei den Insekten die höchste Art der Geselligkeit ihren Ursprung nimmt, — und zwar hauptsächlich deswegen, weil hier wie dort Parthenogenese vorkommt, — erscheint mir lehrreich für die Lösung der ganzen Frage.

Die Phylogenie derjenigen Reihen von Bienen, deren Gipfel die sozialen Insekten (Hummeln und Honigbienen) einnehmen, wird demnach durch Formen eröffnet, von welchen die eine Neigung zum Parasitismus (*Sphécodes*), die andere Befähigung zur Parthenogenese (*Halictus*) besitzt. Beides spricht, wie mir scheint, in hohem Grade für die von mir verteidigte Lehre.

¹ v. Buttel-Reepen behauptet, und darin kann man mit ihm nur übereinstimmen, daß die Motive zu den Handlungen bei den Insekten in der Biologie, nicht aber in der Psychologie zu suchen sind.

Die Parthenogenese, von welcher die „Staaten“-Bildung der sogenannten „sozialen“ Insekten ihren Ausgang nimmt, stellt keine zeitweilige und vergängliche Erscheinung dar, sondern ein unveränderliches, obligatorisches Merkmal dieser Staatenbildung, welches um so wichtiger erscheint, als schon der Charakter dieser Parthenogenese selbst auf deren regressive Natur hinweist. Die Bedeutung dieses Faktors ist der Aufmerksamkeit der Autoren merkwürdigerweise entgangen; die Tatsache selbst ist natürlich schon längst vermerkt worden, aber ihre biologische Bedeutung ward weder festgestellt noch erwogen. Und doch ist diese Bedeutung, ohne Übertreibung gesagt, ganz unermesslich.

Wir wissen (Al. Mrazek), daß bei gewissen Tieren (z. B. dem Rädertier *Asplanchna*), das parthenogenetische Ei wenn auch nicht immer, so doch bisweilen auf andere Weise gebildet wird, als das befruchtete Ei und dabei ein anderes Dottermaterial (materiel vitellin) besitzt. Wir wissen ferner durch Mrazek,¹

„que dans la parthénogénèse, le second globule polaire ou ne se forme pas (Weismann) ou, après s'être formé, rentre dans l'oeuf et s'unit de nouveau à la vésicule germinative (Brauer 1903). Cette copulation du second globule avec la vésicule germinative est vraiment nécessaire à l'oeuf pour qu'il puisse se passer de spermatozoïde et se développer parthénogénétiquement.

Chez les Vertébrés, on sait qu'il n'y a pas d'exemples d'oeuf parthénogénétique donnant naissance à un nouvel individu; on admettait cependant que cet oeuf pouvait subir un commencement de développement. Les observations de Jan² et de Barfurth montrent qu'il n'en est rien, que dans certains cas l'oeuf considéré comme parthénogénétique ne l'est pas, mais qu'il est fécondé par des spermatozoïdes ayant séjourné longtemps dans les voies génitales de la Poule. Pour les oeufs sûrement parthénogénétiques provenant de Poules vierges, Barfurth montre que ce qu'on a appelé segmentation n'est qu'un simple morcellement physique de vitellus sans multiplication de noyaux.

Wir wissen mit anderen Worten, daß das Ei, welches sich parthenogenetisch entwickelt, bereits gewisse Eigentümlichkeiten in sich birgt, die mehr oder weniger tief eingreifende Folgen für die daraus entstehende Form nach sich ziehen können.

Es ist ferner von besonderem Interesse, daß nicht nur die bei der Parthenogenese auftretenden Eigentümlichkeiten erblich sind, wie dies von E. Warren (entgegen der aprioristischen Ansicht Weismanns) nachgewiesen wurde, sondern auch daß die auf parthenogenetischem Wege entstandenen Individuen (z. B. bei den Daphniden) der Variabilität in noch höherem Maße unterworfen sind, als dies unter gewöhnlichen Verhältnissen der Fall ist.

Die Parthenogenese führt demnach, kraft ihrer Besonderheit, eigenartige, von den normalen Lebensbedingungen abweichende Elemente in das Leben der betreffenden Tiere ein. So darf denn das Vorhandensein von Parthenogenese bei der Bewertung von Erscheinungen, welche durch dieselbe bedingt und charakterisiert werden und sich auf deren Grundlage entwickeln, nicht ignoriert werden: eine „Geselligkeit“, die durch Parthenogenese bedingt wird und derselben ihre Entstehung verdankt, ist schon allein aus diesem Grunde etwas gänzlich anderes, als die echte Geselligkeit, in welcher die Parthenogenese keinerlei Rolle spielt. Für die Beurteilung der „Geselligkeit“ der sozialen Hymenopteren gilt dies

¹ Das nachfolgende Zitat ist einem französischen Werke entnommen.

² Jan. Die parthenogenetische Furchung des Hühnereies. Inaug.-Diss., Dorpat.

um so mehr, als hier die Parthenogenese nicht einen progressiven, sondern einen regressiven Charakter aufweist.¹

Ziehen wir nach alledem in Betracht, daß der Ursprung des Parasitismus ein sehr verschiedenartiger ist, daß der Parasitismus sehr selten bei den Mollusken und den Wirbeltieren angetroffen wird, bei den Würmern und Gliedertieren dagegen eine äußerst weite Verbreitung hat, endlich daß die Parthenogenese mit dem regressiven Charakter, welchen sie bei den Insekten zeigt, zu dieser oder jener Reduktion des normalen Typus der betreffenden Tiere führt,² — ziehen wir alles dieses in Betracht, so gibt es uns eine neue Berechtigung, die Geselligkeit der sogenannten „sozialen“ Insekten als eine Erscheinung der Symbiose anzusehen, welche den Charakter eines echten Parasitismus trägt.

3) Die außerordentliche Fruchtbarkeit der Weibchen bei den sogenannten sozialen Insekten.

Diese Erscheinung, welche für freilebende Formen durchaus anormal, für Parasiten

¹ Anm. Schon Häckel hat darauf hingewiesen, daß in der Erscheinung der Heterogonie zwei Reihen zu unterscheiden sind, eine progressive und eine regressiv; zu der ersteren gehören diejenigen Fälle, wo die Heterogonie einen der Momente in dem sich entwickelnden Übergang von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung — der Monogonie, zu der geschlechtlichen Fortpflanzung — der Amphigonie repräsentiert. Die Vorfahren der eine solche Monogonie aufweisenden Tiere pflanzten sich nicht ausschließlich auf geschlechtlichem Wege fort, und die Parthenogenese stellte bei ihnen eine Form der Fortpflanzung dar, welche viel mehr verbreitet war, als in gegenwärtiger Zeit. Auf die andere, regressiv Reihe bezieht Häckel die Fälle der Rückkehr von der Amphigonie zu der Monogonie, eine Erscheinung, welche an Atavismus erinnert. Die Tiere, bei denen diese Form der Monogonie beobachtet wird, haben seinerzeit jenen Weg bereits ganz zurückgelegt, dessen progressive Entwicklung wir bei den Tieren der ersten Gruppe sehen; allein sie sind, unter der Einwirkung gewisser Bedingungen, wiederum zu einer einstmals bei ihnen herrschenden Fortpflanzungsweise zurückgekehrt, ähnlich wie das dreizehige Pferd Caesar's (vorausgesetzt, daß ein solches wirklich existiert hat) einen Rückschlag zu Merkmalen der Vorfahren bedeutet. Zu dieser Gruppe von Tieren mit regressiver Heterogonie stellt Häckel auch alle jene Tiere, welche einen regelmäßigen Wechsel zwischen geschlechtlicher (Amphigonie) mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung (Parthenogonie) darbieten.

Der Gesichtspunkt, von welchem Häckel diesen Gegenstand betrachtet, erscheint mir von ganz besonderem Interesse, trotz der zweifellos künstlich gezogenen Grenze zwischen der geschlechtlichen und der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, was ja auch von dem Autor selbst zugegeben wird. (Häckel. Generelle Morphologie. 2 Bde. 1866.)

Weismann behandelt diese Frage bekanntlich in etwas anderer Weise, allein er hält den Gedanken von Häckel, mit gewissen Einwürlen allerdings, aufrecht. Der Autor unterscheidet in der Heterogonie zwei Gruppen, von welchen er die eine als Metagenese, die andere als Heterogonie bezeichnet.

Die Metagenese kann eine primäre Erscheinung sein, wenn (wie bei den Hydromedusen und Trematoden) die niedrigsten Entwicklungsstadien stets die Fähigkeit besessen haben, sich auf ungeschlechtliche Weise fortzupflanzen (Ammenzeugung); sie kann aber auch sekundärer Natur sein, wenn (wie bei den Larven einiger Cecidomyiden) die ungeschlechtliche Fortpflanzung eine neu erworbene Fähigkeit darstellt (bei anderen Arten der Cecidomyiden besitzt die Larve diese Fähigkeit nicht). Hier ist die Metagenese aus der Metamorphose entstanden. Man erkennt unschwer, daß die primäre Metagenese Weismann's ihrem Wesen nach der progressiven Reihe in der Heterogonie bei Häckel entspricht.

Was die Heterogonie nach Weismann betrifft, so entspricht dieselbe augenscheinlich der regressiven Reihe Häckel's.

Die Heterogonie ist eine Form des Generationswechsels, welche dadurch entstanden ist, daß anfänglich ganz gleich gebaute Generationen unter dem Einflusse von periodisch wirkenden äußeren Ursachen zu der Bildung von Generationen veranlaßt wurden, von denen eine oder mehrere gewisse Eigentümlichkeiten in der Organisation oder in der Vermehrungsweise erlangten. Aus dem soeben Gesagten geht von selbst hervor, daß die Parthenogenese der „gesellig lebenden“ Hymenopteren Fälle einer regressiven Reihe im Sinne von Häckel oder Fälle von Heterogonie im Sinne von Weismann darstellt. (A. Weismann. Studien zur Descendenztheorie. 1. Ueber den Saisondimorphismus der Schmetterlinge. Leipzig 1875.)

² Anm. Obgleich Yves Delage, und zwar natürlich nicht ohne eine gewisse Berechtigung, behauptet, daß die Parthenogenese „pas plus que la Génération sexuelle ou l'Auto-fécondation n'aboutit fatalement (mein Sperrdruck!) à la dégénérescence de la race et que l'Amphimixie n'est pas une nécessité absolue des organismes“ — so wird man diesem Autor doch nur mit gewissem Vorbehalte Recht geben können. (Yves Delage, La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité. 1895.)

dagegen außerordentlich charakteristisch ist, bildet ein weiteres Argument für die soeben ausgesprochene Schlußfolgerung bezüglich der Eigenschaft der Geselligkeit bei den Insekten. Eine derartig außergewöhnliche Fruchtbarkeit, — wie wir sie bei keiner einzigen solitären Biene und ebensowenig bei irgend welchen Vertretern der echten Geselligkeit im ganzen Tierreiche antreffen, — bildet bei den Insekten das charakteristischste Merkmal der parasitischen Lebensweise.

Nachfolgend teile ich einige Daten mit, die das Gesagte bestätigen. Während die Zahl der Eier bei den einsam lebenden Bienen, sowie bei denjenigen, wo wir echte Geselligkeit beobachten, sich nur auf einige Dutzende beläuft, erreicht diese Zahl bei den „sozialen“ Bienen mehrere Zehntausende (so z. B. bei *Apis dorsata* bis zu 70000 Stück) und bisweilen sogar Hunderttausende (wie z. B. bei *Apis mellifica*).

Diese ungeheure Anzahl von Eiern würde uns selbst ohne irgend welche andere Betrachtungen allein schon dazu berechtigen, das Vorhandensein von Parasitismus bei diesen Insekten vorauszusetzen; zwingt sie uns doch zu der Frage, auf wessen Kosten diese Menge zukünftiger Larven aufgezogen und ernährt werden kann? Auf diese Frage kann es nur zwei Antworten geben: entweder, daß das Aufziehen einer solchen Menge von Eiern einen Fall von echtem Parasitismus der Bienenmännchen und -weibchen auf Kosten der sogenannten Arbeiterinnen darstellt; oder aber, daß wir hier nicht etwa eine biologische Erscheinung mit allen ihren auf natürlichem Wege im Kampfe ums Dasein festgelegten charakteristischen Merkmalen (und dabei ohne die geringste Teilnahme eines Bewußtseins, weder von seiten der Wirte noch von seiten der Parasiten) vor uns haben, sondern vielmehr einen Fall hoher psychischer Entwicklung einer „Gemeinschaft“, deren Glieder sich bewußt und freiwillig dem allgemeinen Wohle zum Opfer bringen.

Es ist sehr merkwürdig, daß es noch niemandem eingefallen ist, die Frage in der zuerst angegebenen Weise zu lösen; noch merkwürdiger ist es aber, daß die zweite Art der Lösung nicht nur von solchen Autoren angewendet wird, die den Bienen sowohl menschliche Emotionen als auch menschliche Geistesfähigkeiten zusprechen, sondern auch von solchen, die das Vorhandensein dieser wie jener bei den Bienen bestreiten.

Ich kann es begreifen, wenn ein Autor, nachdem er den Bienen menschliche Eigenschaften zugesprochen hat, über die Einbildung bei den Bienen, über bewußte Beschränkung der eigenen Individualität im Interesse der Gesellschaftlichkeit, über Laster der Bienen und deren Abgewöhnung, über Chemiker, Steinmetze, Bildhauer, Mathematiker, Totengräber, Wächter und andere Gewerbe im Bienenstocke, endlich über eine bei den Bienen höher als bei den Menschen entwickelte Sittlichkeit spricht, wobei diese Sittlichkeit sich für jeden Stock als eine verschiedenartige erweist, indem bei einigen Völkern die Begriffe der Achtung vor fremdem Eigentum u. s. w. verloren gegangen sind.

Es ist mir jedoch völlig unerklärlich, wie es möglich ist, daß man gleichzeitig (und zwar mit vollem Rechte) den „sozialen“ Bienen das Vorhandensein von Mutterliebe, von Altruismus, von Fähigkeiten des Verstandes abspricht, nachdem man ihre gesamte Tätigkeit in Bezug auf die gegenseitigen Beziehungen zueinander als eine Folge vererbter und genau fixierter Instinkte erkannt hat, und trotzdem unter solchen Bedingungen in der Symbiose der Bienen und Hummeln eine hoch entwickelte Form der Geselligkeit sehen kann!?

Durch auf wissenschaftlicher Grundlage angestellte Beobachtungen und Versuche kommen wir zu der unanzweifelbaren Schlußfolgerung, daß bei den gesellig lebenden Bienen weder gegenseitige Liebe, noch Anhänglichkeit, noch Verständnis dafür, was sie tun, indem sie ihre Brut pflegen, vorhanden ist; wenn dem aber so ist, was kann dann das Erziehen von Zehn- und Hunderttausenden von Eiern des Weibchens, welches jede Fähigkeit außer der Eiablage eingeübt hat (und nach den Worten derselben Autoren zu einer Art Legeapparat geworden ist), was kann diese Erscheinung anderes darstellen, als nur eine spezielle Form von Parasitismus der Weibchen und Männchen auf Kosten der sogenannten Arbeiterinnen?

Die biologische Bedeutung der großen Zahl von Eiern bei den gesellig lebenden Insekten ist nun offenbar die gleiche, wie bei den Parasiten überhaupt: immer liegt diese Bedeutung darin, daß die Aufopferung Vieler notwendig ist, um das Leben Weniger zu erhalten.

Es ist hierbei von Interesse, daß die Zahl der Eier sich nach dem Grade der Untätigkeit der Weibchen und Männchen richtet. Je geringer die Aktivität der letzteren und damit auch die Rolle, die sie in der Lebenstätigkeit der Art spielen, um so größer ist die Zahl der von dem Weibchen abgelegten Eier. Bei den Honigbienen erinnert das Weibchen gewissermaßen an einen Hermaphroditen, welcher die intensive Arbeit von Tausenden von Arbeiterinnen durch seine Fruchtbarkeit niederdrückt.

4) Die Instinkte der sogenannten „sozialen“ Insekten erscheinen im Vergleiche mit denjenigen der solitären Insekten als reduziert.

Zu solchen reduzierten Instinkten bei den Weibchen der Hummeln gehört selbstverständlich deren Benehmen bei einer Gefahr, die das Nest und die Familie bedroht: nicht nur greifen die Weibchen niemals die Feinde an, sondern sie verteidigen sich sogar höchst selten. Für gewöhnlich eilen die Weibchen, sich zwischen den Waben zu verstecken, und wenn sie bis hierher verfolgt werden, so verlassen sie die Waben und versuchen sich im Moose des Nestes zu verkriechen. Eine Tätigkeit legen sie nur den Individuen ihrer Familie und namentlich anderen Weibchen ihrer Art gegenüber an den Tag.

Eine solche Veränderung der Instinkte des Weibchens erscheint, wie auch jede Anpassung überhaupt, natürlich als sehr zweckmäßig, indem es durchaus nicht vorteilhaft für die Art ist, das Leben des Weibchens für die Verteidigung des Nestes aufs Spiel zu setzen; ihren reduktiven Charakter büßt diese Anpassung infolge ihrer Zweckmäßigkeit jedoch natürlich nicht ein.

Bei den echten Parasiten, als welche die *Psithyrus* anzusehen sind, geht diese Reduktion noch viel weiter: bei der geringsten drohenden Gefahr verstecken sich die *Psithyrus*; bei weiterer Beunruhigung fliegen sie aus dem Neste davon, indem sie die darin abgelegten Eier sowie die aus letzteren hervorgegangenen Larven im Stiche lassen.

Ich möchte hier noch auf einen weiteren, in diesem Sinne charakteristischen Zug in der Tätigkeit der Weibchen hinweisen. Die jungen (wie übrigens auch die alten) Weibchen führen, indem sie aus dem Neste herausfliegen, gewisse Manöver aus, um sich den Ort des Nestes einzuprägen; sie tun dies viel länger und „gründlicher“ als die Arbeiterinnen, und trotzdem haben sie bei der Heimkehr mehr Mühe, dieses Nest wieder aufzufinden, als die Arbeiterinnen: es ist dies offenbar nicht ihre spezielle Beschäftigung. Die Weibchen

fliegen beständig an dem Neste vorbei, lassen sich auch auf den Boden nieder, geraten mitunter in fremde Nester u. s. w., während die Arbeiterinnen schon längst den richtigen Weg erkannt haben und direkt und ohne sich zu irren auf ihr Ziel zufliegen.

In gleich überzeugender Weise sprechen auch die Bauinstinkte für die Reduziertheit der Instinkte bei den sogenannten sozialen Insekten.

Es ist sehr merkwürdig, wie die althergebrachte Auffassung von den hohen psychischen Eigenschaften dieser Insekten auf die Bewertung aller Seiten ihres Lebens eingewirkt hat und wie infolgedessen die Autoren einen Fortschritt da zu erkennen glauben, wo in der Tat ein Rückschritt vorliegt.

Indem z. B. v. Buttell-Reepen von den Tatsachen ausgeht:

- 1) daß die Hummeln ihre Wohnungen aus vegetabilischem Materiale erbauen, welches sie herbeischaffen und nur hier und dort mit Wachs verkleben,
- 2) daß die *Melipona*-Arten bereits unvergleichlich mehr Wachs für ihre Bauten verwenden, welches sie außerdem mit Harz vermischen, und
- 3) daß die Bienen zu ihren Bauten ausschließlich Wachs verwenden —

erhebt er den Überfluß oder den Mangel an Baumaterial, das vom Organismus selbst ausgeschieden wird, zu einem genetischen Prinzip. Je mehr von solchem selbsterzeugten Materiale vorhanden ist, d. h. je weniger Material von auswärts herbeigetragen wird, um so höher steht nach der Ansicht v. Buttell-Reepens die Geselligkeit der betreffenden Insektenart.

Eine lange Reihe unbezweifelbarer Tatsachen liefert dagegen den Beweis dafür, daß eine derartige Schlußfolgerung des Autors nicht richtig ist; diese Tatsachen legen Zeugnis dafür ab, daß je geringer die Menge des vom eigenen Organismus ausgeschiedenen Materiales ist, die das Insekt für einen Bau verwendet, desto höher die Instinkte des Baumeisters entwickelt sind und desto höher die Stellung ist, welche er auf dem Gebiete der Industrie einnimmt.

v. Buttell-Reepen weist selbst darauf hin, daß ein Insekt eine Unmenge Nahrung zu sich nehmen muß, um ein gewisses Quantum von Wachs hervorzubringen, und doch redet er andererseits von einem Fortschritt, der in dieser Erscheinung liegen soll. Von seinem Standpunkte, d. h. von der vorgefaßten Meinung ausgehend, daß es eine — von den freilebenden Vertretern über solche mit schwach ausgesprochener Geselligkeit bis zu der höchsten Staatenform dieser Geselligkeit bei den Bienen — ansteigende genetische Reihe gibt, kann v. Buttell-Reepen auch gar nicht anders als davon reden. Dabei ist dieser Grundsatz bei v. Buttell-Reepen (sowie, wenn ich nicht irre, auch bei allen anderen Forschern) so sehr in Fleisch und Blut übergegangen, daß es ihm nicht einmal einfällt, nachzuprüfen, inwieweit z. B. der Ersatz fremden Materiales durch Ausscheidungen des Organismus bei der Ausführung von Bauten in der Tat auf einen Fortschritt hinweist. Die Bauten der freilebenden Formen des gesamten Tierreiches, von den Foraminiferen angefangen bis zu den Vögeln, hätten ihm ein außerordentlich reiches Material für die Lösung dieser Frage im entgegengesetzten Sinne geboten.¹

Aber so groß ist nun einmal die Macht des Vorurteils: bei den Bienen sehen wir reines Wachs, bei den Hummeln fremdes Material; da nun die Geselligkeit der Bienen eine

¹ Meine eigenen Untersuchungen bezüglich dieser Frage habe ich in zwei Arbeiten mitgeteilt: „L'industrie des Araneina“ und „Die Stadtschwalbe“ (Mémoires Acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg VIIIe sér., T. X. No. 6).

höhere ist, als diejenige der Hummeln, so muß auch der Gebrauch von reinem Wachs ein Merkmal der Progressivität im Baue der Wohnung darstellen!

Eine völlig abweichende Bedeutung erlangt diese Erscheinung, wenn sie von meinem Gesichtspunkte aus betrachtet wird. Die „sozialen“ Insekten repräsentieren seitliche Abzweigungen von dem geraden Wege in der Entwicklung der Geselligkeit, und zwar tragen diese Zweige nicht einen progressiven, sondern einen regressiven Charakter. Hieraus ergibt sich von selbst der folgende Schluß: je weiter sich die betreffende biologische Organisation dem Rückschritte zuneigt, je vollkommener und vollständiger die durch ihr Leben hervorgerufenen Folgen bei ihr zu Tage treten — um so niedriger ist ihre Psychik überhaupt ausgebildet.

Da die biologische Organisation der Hummeln weniger stark von dem normalen Typus der Geselligkeit abweicht, so darf infolgedessen das Wachs in ihrem Leben auch nicht diejenige Rolle spielen, welche sie bei den am weitesten von der Norm abgewichenen Bienen spielt.

Hieraus folgt natürlich noch nicht, daß der Überfluß oder der Mangel an Material, welches vom Organismus zum Zwecke des Baues einer Wohnung ausgeschieden wird, an und für sich auch als Kriterium für den Grad der Abweichung dienen kann; ich will nur sagen, daß die Erscheinung, welche v. Buttel-Reepen infolge falscher Voraussetzungen für eine progressive angesehen hat, und die er für seinen genetischen Stammbaum zu verwenden wünschte, — in Wirklichkeit eine regressive Erscheinung darstellt und aus diesem Grunde für den genannten Zweck in keiner Weise verwendet werden kann.

5) Das Nervensystem ist, im Vergleiche mit dem der einsam lebenden Bienen, reduziert, und im Zusammenhange hiermit weisen auch gewisse morphologische Merkmale eine Reduktion auf.

Auch das Nervensystem der Hummeln bestätigt meine Ansicht, wonach die Gruppe der sogenannten sozialen Insekten nicht eine Entwicklungsreihe darstellt, die von den Hummeln als niedrigsten zu den Bienen als höchsten Formen fortschreitet. Denn auch in Bezug auf das Nervensystem weisen die Bienen, die von dem normalen Typus der Geselligkeit am meisten abgewichen sind, die geringste Vollständigkeit und die größte Reduktion auf, die Hummeln dagegen die geringste Reduktion bei geringster Abweichung von der Norm der Geselligkeit. Folgende Tatsachen werden dies beweisen.

Die stielförmigen Körper des Gehirnes (*corpora pedunculata*) der Weibchen, Arbeiterinnen und Männchen weisen bei den Hummeln mehr Ähnlichkeit untereinander auf, als bei den Bienen und Wespen. — Das Gewicht des Gehirnes im Vergleiche zu dem gesamten Körpergewichte beträgt allerdings bei den einsam lebenden Wespen $\frac{1}{400}$ und bei den Bienenarbeiterinnen $\frac{1}{174}$. Allein man muß im Auge behalten, daß für die Feststellung des wirklichen Verhältnisses des Gehirnes der „sozialen“ Insekten zu dem der einsam lebenden keineswegs das Gehirn der Arbeiterinnen, sondern dasjenige der Weibchen und Männchen zu Grunde gelegt werden muß. Hierdurch würde sich das Verhältnis ganz gewaltig ändern. Aber selbst, wenn man für einen solchen Vergleich nur das Mittel aus dem Gehirne aller drei Kasten der sozialen Formen verwendet, modifiziert sich das oben angeführte Verhältnis bereits wie folgt: während das Gewicht des Gehirnes bei den solitären Hymenopteren $\frac{1}{400}$ beträgt, geht dasjenige der „sozialen“ Bienen auf $\frac{1}{4000}$ herab, d. h. es

zeigt nunmehr eine ganz ungeheure Reduktion gerade jener Organe, durch welche der Grad der psychischen Fähigkeiten einer Art bemessen wird.

Schon diese Tatsache allein hätte die Autoren darauf hinweisen müssen, daß wir hier keine wahre Geselligkeit vor uns haben, sondern etwas ganz anderes, da der wahren Geselligkeit nie eine Herabsetzung, sondern immer eine Erhöhung der geistigen Entwicklung zu Grunde liegt; sind doch z. B. die Bieher unbestreitbar die Klügsten aller Nagetiere.

6) Mit der Reduktion der Instinkte beobachten wir, wie dies bei den Erscheinungen des Parasitismus stets der Fall ist, gleichzeitig auch eine Reduktion der morphologischen Merkmale. (Über die primitive Stellung der ♀ und ♂ im Zusammenhange mit deren morphologischen und anatomischen Eigentümlichkeiten).

Diese morphologische Reduktion tritt bei den Weibchen um so deutlicher und vielseitiger zu Tage, je mehr ihre Abhängigkeit von den Arbeiterinnen wächst, mit anderen Worten, je ausgesprochener ihr Parasitismus wird. Das Hummelweibchen übertrifft die Arbeiterinnen noch in vielen Beziehungen, und letztere sind nicht sowohl für das alte Weibchen notwendig, als vielmehr dafür, die jungen Männchen und Weibchen bis zum Eintritt des Winters aufzuziehen. Bei den gesellig lebenden Bienen und Wespen aber stellen die Weibchen bereits Formen dar, die rein parasitisch und stark regressiv sind.

So bestehen bei der Bienenkönigin die zusammengesetzten Augen aus nur 8–9000 Facetten, statt der normalen Zahl von 12–13000 Facetten. Sie besitzt keine zur Wachsabscheidung dienenden Drüsen und hat an den Beinen weder Bürsten noch Körbchen. Statt dieser Organe, die man bei einigen ihrer freilebenden Genossinnen beobachtet, sind bei der Königin, als einem wahren Parasiten, ungeheure Eierstöcke zur Entwicklung gelangt, und es hat sich bei ihr ein neues Organ herausgebildet, das Receptaculum seminis, wodurch sie zu einem Wesen geworden ist, das an einen Hermaphroditen erinnert.

Sehr lehrreich und ihrer Bedeutung nach ebensowenig gewürdigt ist die Tatsache, daß der Unterschied in den morphologischen Eigentümlichkeiten bei den Weibchen und Arbeiterinnen, im Sinne einer Reduktion der Merkmale, ein um so tiefgreifender ist, je „vollkommener“ die „Geselligkeit“ bei diesen Insekten erscheint, ein Umstand, welcher uns wiederum an Parasitismus denken läßt. Hier und dort, sowohl im Parasitismus als auch in der Geselligkeit der Insekten, erweist sich die Reduktion um so weitgehender, je stärker Parasitismus und Geselligkeit ausgesprochen sind.

Bei den Hummeln stellen die sogenannten Arbeiterinnen sowohl in morphologischer wie auch in anatomischer Hinsicht echte Weibchen dar; der ganze Unterschied besteht nur in der Größe der Individuen, die ihrerseits eine direkte und zweifellose Folge der Ernährung ist. Die Arbeiterinnen der Bienen und Wespen dagegen weisen einen sehr tiefgreifenden Unterschied von den Weibchen auf: sie haben stets reduzierte Geschlechtsorgane, gleichviel, worin diese Reduktion bestehen mag, in welcher Periode ihres Lebens sie auftritt und wozu sie schließlich führt. Bei ihnen sind ferner gewisse andere morphologische Merkmale reduziert, die mit dem Genitalsystem zum Teil in Verbindung stehen, zum Teil auch von demselben ganz unabhängig, aber ebenfalls nur für das Weibchen, nicht die Arbeiterin notwendig sind. Endlich sind bei ihnen eine gewisse Anzahl von Instinkten reduziert, die mit der Sphäre der geschlechtlichen Tätigkeit der Weibchen im Zusammenhange stehen und bei den Arbeiterinnen mehr oder weniger vollständig verschwunden sind.

Sowohl die Arbeiterinnen wie auch die Weibchen erscheinen demnach als Kasten, die sich von ihrem ursprünglichen Typus entfernt haben: bei ersteren haben die mit den geschlechtlichen Funktionen in Verbindung stehenden Organe eine Reduktion erfahren, bei den zweiten dagegen die mit den Instinkten der Ernährung zusammenhängenden Organe.

Es ist hier der Ort, einige Worte über die Frage zu sagen, welche von diesen beiden Kasten, die Arbeiterinnen oder die Weibchen, als primitiver und dem Urtypus nächstehend betrachtet werden muß? Von den Autoren wird diese Frage in verschiedener Weise beantwortet. Was mich anbetrifft, so halte ich die Arbeitsbiene für den primordialen Typus, und zwar aus folgenden Gründen: Die neuesten Ergebnisse über die fundamentale Rolle der Genitaldrüsen in der Lebenstätigkeit des Organismus berechtigen uns zu der Annahme, daß der Eintritt geschlechtlicher Funktionslosigkeit oder die Reduktion der Genitaldrüsen auf Grund des Gesetzes der korrelativen Entwicklung allemal eine ganze Reihe von sonstigen Veränderungen nach sich ziehen müsse. In welcher Richtung erfolgen nun derartige korrelative Veränderungen bei wirbellosen Tieren? Hierauf geben uns gewisse Beobachtungen an Tieren, die ihrer Geschlechtsdrüsen durch Parasiten beraubt worden waren¹, eine ganz bestimmte Antwort: das Männchen von *Carcinus maenas*, bei welchem das Parasitieren der *Sacculina* zur Verkümmerng der Geschlechtsdrüsen führt, nimmt einige Merkmale des Weibchens an. Bei *Stenorhynchus phalangium* verschwinden die Geschlechtsdrüsen (ebenfalls infolge des Parasitierens der *Sacculina*) fast vollständig, und die Folge dieses Verschwindens ist wiederum eine Verringerung des geschlechtlichen Dimorphismus. Auch die Männchen von *Eupagurus bernhardi* erwerben unter dem Einflusse des Parasitismus von *Phryxus paguri* Rathke gewisse Eigentümlichkeiten der Weibchen: im Bereiche des Hinterleibes treten bei ihnen am zweiten Segmente überzählige Anhänge auf, die normalerweise nur beim Weibchen vorhanden sind, während die übrigen Anhänge der Männchen sich in gleicher Weise entwickeln wie bei den Weibchen und zum Tragen der Eier angepaßt sind, d. h. zu einer Funktion, welche sie niemals ausüben werden, vor der Differenzierung der Geschlechtsmerkmale jedoch wahrscheinlich ausgeübt haben. Von besonderem Interesse ist der nachstehende Fall: Ein Krebs, den Giard künstlich von seinem Parasiten befreite, bekam, als er nach einem Monate sich häutete, äußere Merkmale, die deutlich auf eine Rückkehr zum normalen männlichen Typus hinwiesen; ein Umstand, der sich dadurch erklären läßt, daß die Funktion seiner Geschlechtsdrüsen zu dieser Zeit wieder einen normalen Verlauf genommen hatte. — Nicht weniger Interesse bietet auch die von Emery mitgeteilte Tatsache², daß die Männchen amerikanischer Ameisen unter der Einwirkung von Parasiten charakteristische Züge der dem Weibchen ähnlich sehenden Arbeiter erworben haben.

Auf Grund aller dieser Tatsachen können wir folgende Schlußfolgerung ziehen: Die Reduktion der Geschlechtsdrüsen ruft korrelative Veränderungen anderer Teile des Organismus hervor, durch welche der vorhandene Di- und Polymorphismus der Individuen der gegebenen Art ausgeglichen wird; mit anderen Worten, die Reduktion der Geschlechtsdrüsen ruft eine Rückkehr der di- und polymorphen Tiere zu deren ursprünglichem Typus hervor,

¹ Alfred Giard, La castration parasitaire, nouvelles recherches. Bull. Scient. de la France etc., 1888, III. Sér. — Étude des êtres organisés. Compt.-Rend. d. scéanc. de l'Acad. d. Sc., T. CXVIII. 1894 n. a. m.

² C. Emery. Zur Kenntnis des Polymorphismus der Ameisen. Zool. Jahrb., Suppl. VII. 1904.

welcher stammesgeschichtlich der Differenzierung der sekundären Geschlechtscharaktere voranging. Hieraus aber folgt für den speziellen Fall der Honigbiene, daß der Typus der Arbeiterin ursprünglicher ist, als der der Bienenkönigin.

In der Tat haben wir zwei Faktoren vor uns, unter deren Einwirkung die Evolution der Kasten vor sich gegangen ist: einerseits die Ernährungskastration der Geschlechtsdrüsen bei den Arbeiterinnen, andererseits die parasitische Lebensweise der Weibchen. Ein jeder dieser Faktoren übte naturgemäß seine Einwirkung auf die Veränderungen in dem Organismus dieser Kasten aus. Aber in welcher Weise?

Wir haben gesehen, daß die Wirkung der Kastration im stande ist, diejenigen dimorphen Merkmale auszugleichen, die hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, mit den Geschlechtsfunktionen im Zusammenhange stehen. Der Parasitismus hingegen erweist sich als ein unvergleichlich mächtigerer Faktor, der dazu befähigt ist, eine tiefgehende Reduktion der fundamentalen Merkmale eines Organismus — bis zu dem allerbeständigsten derselben, dem Nervensystem — nach sich zu ziehen.

Nach alledem ergibt sich mit Deutlichkeit, daß wir mit viel mehr Berechtigung den Typus der Arbeitsbiene als den der Königin für primitiver erklären können; ferner daß die charakteristischen Merkmale in der Organisation der Arbeiterin (nämlich deren Bürstchen und Körbchen an den Beinen) keine Neuerwerbung darstellen, sondern alte Merkmale; während andererseits die Eigentümlichkeiten der Königin (unter anderem der Verlust der soeben erwähnten Organe der Arbeiterin) eine Folge ihrer parasitischen Lebensweise und neue Erscheinungen sind.

Aus allen diesen und vielen anderen Gründen, von denen an verschiedenen Stellen der vorliegenden Arbeit die Rede ist, geht zwingend hervor, daß dasjenige, was bisher für die höchste Stufe der Geselligkeit im Tierreiche angesehen wurde, wie sie angeblich nur bei den Hymenopteren und dem Menschen anzutreffen ist, weder die höchste, noch überhaupt irgend eine Form der Geselligkeit in der wahren und einzig zulässigen Bedeutung dieses Wortes darstellt; sondern vielmehr eine selbständige Form der Symbiose mit deutlich ausgesprochenen Merkmalen eines Parasitismus; mit anderen Worten: Dasjenige, was bei den sogenannten sozialen Hymenopteren als Geselligkeit bezeichnet wurde, ist eine spezielle Art von Parasitismus, welcher sich bei der Nachkommenschaft eines (oder mehrerer) blutsverwandter Weibchen auf Grund der Parthenogenese entwickelt hat.

Kapitel VI.

Die Genesis und die Evolution der Geselligkeit

erfolgen nach Gesetzen und auf Wegen, von welchen das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten weit abseits liegt, und auf der Stufenleiter der Evolution dieser biologischen Organisation — der Geselligkeit — (Ansammlung, zeitweilige und ständige Aggregation, Herde, Horde, verschiedene Formen der menschlichen Geselligkeit, Staat) keine einzige Stufe einnimmt.

Nachdem wir die wahre Natur der „Geselligkeit“ der sogenannten sozialen Insekten festgestellt haben, nachdem die Tatsachen uns gezwungen haben, ihr Zusammenleben in

eine ganz spezielle und sehr entfernt liegende Reihe biologischer Organisationen überzuführen, die in keinerlei Beziehung zu der Reihe der „Geselligkeit“ steht, — sind wir nunmehr in den Stand gesetzt, den Entwicklungsgang der wahren Geselligkeit im Tierreiche festzustellen. Das Hindernis, das bisher einer solchen Darlegung im Wege stand, — nämlich das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten, das die Autoren schließlich zu der Schlußfolgerung geführt hat, die Entwicklung des Gesellschaftswesens der Tiere falle weder mit der Entwicklung ihrer Psychik, noch mit der Evolution überhaupt zusammen, da ja die Bienen hierin noch über den höchststehenden Säugetieren ständen, — ist jetzt beseitigt.

In Nachstehendem teile ich meine Gedanken darüber mit, wie die Geselligkeit im Tierreiche sich als durchaus selbständige biologische Organisation, mit separatem Ursprunge und eigenem Evolutionsgange, entwickelt hat.

Den Ausgangspunkt für die biologischen Organisationen dieser Reihe erblicke ich in den sogenannten „zufälligen Ansammlungen oder Zusammenscharungen“ von Tieren einer Species.

Diese Ansammlungen werden durch folgende Merkmale charakterisiert:

- 1) durch das Fehlen eines deutlich ausgesprochenen Zweckes, einer Koexistenz, und von Massenbewegungen;
- 2) durch die unbegrenzte, durch keinerlei Faktoren bestimmte Zahl der Glieder;
- 3) durch die äußerst schwache Einwirkung der Menge auf das Individuum und der Individuen aufeinander.

Für gewöhnlich vermutet man, daß der einzige Grund für jene ungeheuren Ansammlungen, welche wir bei vielen Vertretern der pelagischen Fauna, wie z. B. bei den Medusen, Acalephen (*Pelagia noctiluca*), Ctenophoren, Copepoden, Pteropoden und anderen Tieren beobachten, in der Temperatur einer bestimmten Meeresschicht zu suchen sei, welche für alle Individuen der Ansammlung gleich günstig erscheint. Mit anderen Worten, man nimmt an, daß die Ursache für die Entstehung der Ansammlungen nicht in den Individuen, welche die Ansammlung ausmachen, sondern außerhalb derselben, in der für die Individuen am meisten zuträglichen Temperatur des umgebenden Mediums liegt. Ebenfalls in äußeren Faktoren ist nach der Ansicht der Autoren der Grund für die Ortsveränderung einer solchen zufälligen Ansammlung zu suchen: diese Translokationen werden auf die Strömungen im Wasser zurückgeführt. Außerdem soll der Zusammenhang zwischen den Bestandteilen der Ansammlung, die durch kein inneres Band aneinander geknüpft sind, sofort gelöst werden, sobald jene äußeren Ursachen zu bestehen aufhören, durch deren Anwesenheit die Existenz der Ansammlung selbst hervorgerufen wurde.

Was mich betrifft, so bin ich anderer Ansicht über diese Erscheinungen. Ich vermute, daß diese ihrer Organisation nach elementaren, ihrer Zahl und ihrer Zusammensetzung nach unbeständigen und ihrem Charakter nach unbestimmten Ansammlungen eben den Ausgangspunkt für alle übrigen Typen des geselligen Lebens — bis zu den höchsten einschließlichen — ausmachen. Ich will vor allem bemerken, daß die Auffassung von dem unbedingten Fehlen innerer Anregungen bei der Bildung der erwähnten Ansammlungen,

nicht von allen Autoren geteilt wird. So spricht sich Wundt¹ bezüglich solcher Ansammlungen von Tieren dahin aus, daß man bereits auf den niedrigsten Stufen des tierischen Lebens beobachten kann, wie die Tiere die Gesellschaft von Ihresgleichen aufsuchen. So sammeln sich viele Mollusken, Insekten und Fische zu Zeiten in großen Mengen an. In solchen Fällen ist ein gemeinsames, auf die Art der Tiere bezügliches Band vorhanden. Es ist offenbar, fährt der genannte Autor fort, daß der Ursprung einer solchen sozialen Regung in dem Gefühl einer wenn auch ganz primitiven Zuneigung zu suchen ist, welche die Tiere ein und derselben Art einander nähert, und welche durch bestimmte Eindrücke der Sinnesorgane (des Geruchs- oder Gesichtssinnes) bedingt wird.

Diese Auffassung läßt sich, meiner Ansicht nach, viel besser mit den Tatsachen in Übereinstimmung bringen, als jene, nach welcher für die Begründung solcher Ansammlungen nichts anderes als die Einwirkung äußerer Ursachen herangezogen werden kann. In der Tat müssen diese äußeren Ursachen für pelagische Formen, welche irgend eine Bucht von 20—22 qkm Oberfläche bewohnen, identisch erscheinen und doch werden sich nicht alle, sondern nur gewisse Arten von Tieren zu Tausenden von Individuen versammeln, und es versammeln sich nur die zu ein und derselben Art gehörenden Tiere.

Ich habe mich dahin ausgesprochen, daß der Gedanke von Wundt eher mit den Tatsachen übereinstimmt, allein vollständig stimmt er, meiner Ansicht nach, doch nicht mit ihnen überein. Ich weigere mich auf das entschiedenste, in den inneren Ursachen, welche die Ansammlungen hervorrufen, „ein auch noch so primitives Gefühl der gegenseitigen Zuneigung bei den die Ansammlung konstituierenden Individuen“ anzuerkennen.

Das „Gefühl der Zuneigung“ ist zu kompliziert für Infusorien und Coelenteraten, und man wird daher auf diesen Entwicklungsstufen des Tierreiches von einem derartigen Gefühle mit demselben Rechte sprechen können, wie z. B. von einem Bewußtsein der Blätter auf den Bäumen, welche so zweckmäßig auf dem Zweige verteilt sind, daß das Gewächs gerade bei einer solchen Anordnung, wie sie vorhanden ist, in die Möglichkeit versetzt wird, die Strahlen der Sonne mit größtmöglicher Bequemlichkeit und Vorteil auszunützen.²

Immerhin wird wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen können, daß die Ursachen der Ansammlungen nicht ausschließlich auf Faktoren der Umgebung zurückzuführen sind. Der Trieb, welcher die Individuen einer Art zu Ihresgleichen drängt, beruht auf anderen, inneren Anregungen. Welcher Art diese letzteren sind, ist schwer zu bestimmen. Zieht man in Betracht, auf welcher einfacher Stufe der Organisation einige solche Ansammlungen bildende Tiere sich befinden, so kann man vermuten, daß die Anregung in jener kosmischen Grundlage zu suchen ist, welche einfach als die Tatsache eines Dranges des „Gleichartigen zum Gleichartigen“ bezeichnet werden kann.

Auf die zufälligen Ansammlungen folgen als zweite Etappe der Evolution:

Die zeitweiligen und beständigen Aggregationen.³

Ich habe hier vor allem eine Bemerkung vorauszuschicken: indem ich diesen Typus aufstelle und in mehr oder weniger bestimmter Weise von dem vorhergehenden unter-

¹ Siehe Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele.

² Siehe W. Wagner. Die Psychologie der Tiere. Kap. IV. (Russ.)

³ Ich habe nicht die Absicht, alle verschiedenen Arten und Formen von Aggregationen anzuführen, indem es deren zu viele sind und ihre Aufzählung nicht notwendig erscheint; ich will hier nur einige wenige Beispiele besprechen, welche zur Illustration meines Gedankenganges dienen sollen.

scheide, so ist diese Abgrenzung doch nur eine theoretische. In Wirklichkeit besteht (was stets im Auge zu behalten ist) zwischen allen Typen von Aggregaten und Ansammlungen eine außerordentlich allmähliche und successive Reihe von Übergangsformen. So findet sich auch zwischen den rein zufälligen Ansammlungen, deren Ursprung nach den Worten der Autoren „auf ausschließlich äußere“ Ursachen zurückzuführen ist, und den zeitweiligen Aggregaten eine Reihe von Übergangsformen, wobei einige derselben einen so wenig feststehenden Charakter aufweisen, daß es schwer fällt, die Grenze zwischen diesen beiden Typen festzustellen.

Die in langen Zügen sich dahinbewegenden Mückenlarven (der sogenannte Heerwurm), bilden solche wandernde Ansammlungen, nach der Ansicht einiger Naturforscher, „zweifelloso auf Grund äußerer Ursachen“. Andererseits stoßen wir bei den Raupen der unter dem Namen Prozessionsspinner bekannten Schmetterlinge auf Erscheinungen, welche nach Espinas von einem vagen Schein von Absichtlichkeit Zeugnis ablegen. Die Raupen von *Papilio archelaus* „ordnen sich,“ nach den Angaben von Lacordaire, nach welchem Espinas diese Tatsache mitteilt, während ihrer Wanderungen dicht aneinandergedrängt und die Köpfe nach einer Seite gerichtet an; berührt man eine dieser Raupen, so beginnt das beunruhigte Insekt sofort mit einer gewissen Energie durch Bewegungen des Schwanzabschnittes zu reagieren, und alle übrigen Raupen wiederholen in demselben Augenblicke die gleichen Bewegungen.“ Dienen derartige Bewegungen schon dem einzelnen Individuum als Mittel der Selbstverteidigung und um Feinde zu bedrohen, so kann die gemeinschaftliche Aktion aller Individuen der Aggregation dieses Ziel gewiß mit noch größerem Erfolge erreichen. Also dient hier die zeitweilige Genossenschaft einem deutlich ausgesprochenen Zwecke, was uns zu der Behauptung berechtigt, daß einige zeitweilige Aggregationen wirbelloser Tiere als nützlich im Kampfe um das Dasein von der natürlichen Auslese festgelegt worden sind.¹

Mit anderen Worten, die zeitweiligen Aggregationen legen bereits von ihrem ersten Auftreten an Zeugnis dafür ab, daß ihrer Genese einerseits jener innere Trieb der Individuen einer Spezies zueinander, welchen ich weiter oben bei der Besprechung der Ansammlungen erwähnt habe, andererseits aber das Prinzip des Vorteils zu Grunde liegt.

Die Wanderungen der Heuschrecken zeigen uns Ansammlungen von Tieren einer Spezies, deren Zweck — nämlich der Vorteil, der für die Individuen aus dem kollektiven Aufsuchen der Nahrung erwächst — bereits mit voller Deutlichkeit zu Tage tritt. Besonders lehrreich sind auch, von meinem Gesichtspunkte aus betrachtet, solche willkürliche Versammlungen zu vorübergehenden und ganz bestimmten Zwecken, wie wir sie z. B. bei den Totengräbern (*Necrophorus vespillo*) antreffen, die sich zu Aggregationen von verschiedener Größe zusammentun, wobei sich die Zahl der Individuen nach der Größe des zu verscharrenden toten Tieres richtet.

Zeitweilige Aggregationen treffen wir auch bei den Wirbeltieren an. Allein bei den höchsten Vertretern dieser Tiere, den Vögeln und Säugetieren, weisen die Aggregationen

¹ Daß wir es hier nicht mit einer „Nachahmung“, mit einer „Association gewisser Empfänglichkeit“ oder gewissen anderen, auf Bewußtsein beruhenden psychologischen Akten zu tun haben, sondern mit einem einfachen Instinkte, dessen Genese voll und ganz auf dem Anteil der Auslese und auf dem Kampf um das Dasein beruht — dies geht aus der Tatsache hervor, daß die Raupen die der betreffenden Spezies eigentümlichen Bewegungen selbst dann noch ausführen, wenn sie in den ersten Tagen ihres Lebens decapitiert werden. (Siehe W. Wagner. „Die Frage der Zoopsychologie.“ (Russ.) Ausg. von Pantelejev, St. Petersburg, 1896).

Züge auf, die im Leben der wirbellosen Tiere unbekannt und überaus wichtig sind. Es gesellen sich nämlich zu dem, was in derartigen zeitweiligen Assoziationen für die höheren Wirbeltiere und die Wirbellosen gemeinschaftlich ist, noch psychische Elemente, die wir bei den letzteren gar nicht antreffen.

Bei den Totengräbern ist die Arbeit eine gleichartige und schablonenhafte; kein einziger der Käfer führt dabei irgend eine Handlung aus, die auf persönliche Erfahrung, oder auf Nachahmung eines anderen Individuums zurückgeführt werden könnte, indem die wirbellosen Tiere weder zu dieser noch zu jener befähigt sind. Anders verhält es sich bei den höheren Wirbeltieren. Hier haben wir bei den Vögeln zeitweilige Assoziation, zur Erfüllung irgend einer bestimmten Aufgabe, wobei die Glieder der Assoziationen nach Ausführung ihrer Aufgabe wieder auseinandergehen, gerade so, wie wir dies unter den Wirbellosen bei den Totengräbern gesehen haben. So greifen z. B. die Krähen gemeinschaftlich Hasen an, mit denen sie einzeln nicht fertig werden können u. s. w. Hierher gehören auch bei den Säugetieren die Rudel der Wölfe, wenn letztere über große und starke Tiere herfallen u. s. w. Aber indem die Wölfe sich zu Rudeln zusammenschließen, oder die Krähen sich scharenweise verbünden, handeln sie durchaus nicht bloß schablonenmäßig, sondern sie lassen sich in ihrer Tätigkeit von persönlicher Auffassungsgabe, Findigkeit, Erfahrung und gegenseitiger Beobachtung leiten. Und dieses Element persönlicher, nicht allgemein spezifischer Fähigkeiten, das von den höheren Tieren in die Zahl der übrigen Merkmale zeitweiliger Tieransammlungen hereingetragen wird, ist für diese höheren Formen besonders charakteristisch.

Auf die zeitweiligen Aggregationen folgen die bleibenden Aggregationen. Dieser Typus wird zum Teile durch dieselben Merkmale gekennzeichnet, wie wir sie bei den zeitweiligen Aggregationen zu bestimmtem Zwecke gesehen haben, zum Teile aber stellt er etwas Neues dar. Dabei erfolgt der Übergang von den zeitweiligen zu den bleibenden Gesellschaften ebenso successive, wie der von den zufälligen Ansammlungen zu den zeitweiligen Aggregationen. Auch hier sehen wir eine Reihe von Übergangsformen, die uns allmählich von einem Typus zum anderen leiten. Auf der untersten Stufe sammeln sich die Tiere, die Aggregate bilden, ohne jede Rücksicht auf die Zeitdauer, und die Versammlungen selbst werden nur durch zufällige Umstände hervorgerufen; daraufhin finden regelmäßige periodische Versammlungen statt; später nehmen diese Perioden an Länge zu und wir erhalten auf diese Weise schließlich bleibende Aggregate.

Die allmähliche Ausbildung der bleibenden Aggregate vom Auftreten der periodischen Aggregationen an bietet ein außerordentlich großes Interesse, namentlich bei den höheren Wirbeltieren. Hier findet der von Wundt ausgesprochene Gedanke über den Trieb der Individuen einer Spezies zueinander auf Grund gegenseitiger Zuneigung, einige Berechtigung.

Alle Aggregationen, gleichviel wo dieselben zur Beobachtung kommen, sei es bei Wirbeltieren oder Wirbellosen, sind durch das Vorhandensein eines Instinktes charakterisiert, den man am treffendsten als Masseninstinkt bezeichnet. Weiter oben, als von den Massenangriffen der Hummeln die Rede war, habe ich bereits davon gesprochen, was ich unter diesem Instinkte verstehe; ich kann mich daher an dieser Stelle auf einige wenige Bemerkungen beschränken.

Der Masseninstinkt ist ein Instinkt, der den Tieren, welche sich zusammengetan haben, die Möglichkeit verleiht, gegenseitige Einwirkungen von ganz speziellem Charakter aufeinander auszuüben, und zwar Einwirkungen, die keine bestimmte Reaktion nach sich ziehen, sondern nur eine allgemeine Erhöhung der Nervenerregung hervorrufen, die sich nach jeder beliebigen Richtung hin betätigen kann. Dabei liegt die Quelle der erwähnten Einwirkungen in Bewegungen, z. B. dem Fluge, welche die Individuen der Aggregation voreinander ausführen, in gegenseitigen Berührungen beim Zusammentreffen, in Lärm (falls ein entsprechend ausgebildetes Gehörorgan vorhanden ist), im Geruch u. s. w. So erlangt die Masse die Fähigkeit, auf die Individuen, aus welchen sie besteht, durch ihre numerische Stärke zurückzuwirken; sie übt einen Einfluß auf die Arbeitsenergie der betreffenden Aggregation aus, wohin diese Energie auch gerichtet sein mag: auf Verteidigung, Flucht, Angriff oder eine andere Tätigkeit. Die Ursachen, aus denen ein schwaches Hummelvolk alle seine Arbeiten mit geringerer Energie ausführt als ein starkes, sind im Prinzipie durchaus identisch mit denjenigen, die die Angriffsweise der solitären *Anthophora* je nach ihrer Anzahl lebhafter oder matter werden lassen, und die den „Angriff“ von 10—15 Kiebitzen auf den Jäger bedeutend energischer gestalten, als den Angriff von ein oder zwei Vögeln dieser Art.

Dem gleichen Masseninstinkte begegnen wir übrigens (in Gestalt eines Überbleibels aus früheren Zeiten) auch in der menschlichen Gesellschaft: er ist es, durch den jene Erscheinungen hervorgerufen werden, von welchen wir Zeuge sind, wenn wir ein ungeduldig das Aufgehen des Vorhanges erwartendes Theaterpublikum beobachten, wie unmittelbar, nachdem das erste einzelne mahnende Klatschen ertönt ist, ein allgemeines stürmisches Händeklatschen beginnt. Tarde¹ weist auf diese Tatsache hin als ein Beispiel der Offenbarung des „Haufens“ und erkennt als die Grundlage dieser Erscheinung die Nachahmung. Dies ist nicht ganz richtig; der „Haufe“ als Faktor, von welchem weiter unten die Rede sein wird, spielt hier nur zum Teile eine Rolle: bevor er seine Tätigkeit mit derjenigen Gewalt offenbart, wie sie bisweilen plötzlich an den Tag tritt, mußte das Publikum schon vorher nervös erregt sein. Diese Erregung selbst hatte keinen bestimmten Charakter und war bereit, sich in jeder beliebigen Richtung (als Bewillkommung, Unwillen, Ungeduld, Ermunterung u. s. w.) zu entladen. Diese unbestimmte Erregung ist nun gerade die Folge des von den Vorfahren ererbten Masseninstinktes, welcher als Rudiment in der menschlichen Gesellschaft erhalten geblieben ist: der „Haufe“ entsteht auf einer durch den Masseninstinkt vorbereiteten Grundlage. — Es braucht nicht erst betont zu werden, daß in der Genese dieses menschlichen Instinktes weder Sympathie unter den Gliedern der Aggregation, noch Familienbände irgend eine Rolle spielen, da dieser Instinkt ja bereits im Tierreiche beobachtet wird, bevor „Sympathie“ oder „Familienbände“ sich konstatieren lassen.

Was die biologische Bedeutung des Masseninstinktes betrifft, so besteht dieselbe augenscheinlich darin, die Nervenenergie des einzelnen Individuums durch diejenige der übrigen zur Aggregation gehörigen Individuen vermittelst der oben erwähnten gegenseitigen Einwirkung zu verstärken. Und der hierin liegende Vorteil wird um so bedeutender sein, je mannigfaltiger sich die Möglichkeit gestaltet, die auf solche Weise erregte Nervenenergie den anderen Individuen mitzuteilen.

¹ Tarde. L'opinion publique et la foule.

Es ist noch zu bemerken, daß wir erst bei den Vögeln innerhalb der Aggregation den Spuren einer Organisation begegnen. Die Papageien z. B. besitzen Wächter, auf deren Signal hin die ganze Schar sich entweder in aller Ruhe der Plünderung hingibt, oder aber schleunigst davonfliegt. Diese Rolle, welche durchaus nicht den Charakter einer Anführerschaft in sich trägt, übernehmen bei den Papageien augenscheinlich die ältesten Individuen. Die Kraniche stellen stets Wachen aus, deren Aufgabe darin besteht, für die allgemeine Sicherheit Sorge zu tragen. Wenn diese Vögel veranlaßt werden, einen Ort aus irgend welchem Grunde zu verlassen, so schicken sie, bevor sie an denselben zurückkehren, Kundschafter aus. — Dagegen ist die Arbeitsteilung bei den Vögeln noch recht wenig ausgesprochen (Ablösung der Vordermänner beim Zuge, Ablösung der Wachen; es gibt bei ihnen weder eine Leitung, noch Anführer, noch irgend eine andere Repräsentation der Macht.

Auf die zeitweiligen und beständigen Aggregationen folgt **das Zusammenleben in Herden**, bei Tieren die höchstehende Form des gemeinschaftlichen Lebens. Wir treffen sie ausschließlich bei den Säugetieren an.

In der Herde finden wir zum ersten Male deutlich ausgesprochene Elemente von Macht und Leitung: diese sind mit dem Vorhandensein eines Führers unvermeidlich verknüpft, während die Anwesenheit dieses letzteren wiederum eine unabänderliche Bedingung des Herdenlebens darstellt. Die Lebensweise in Herden finden wir bei vielen Grasfressern. So leben z. B. die Rinder in vielköpfigen, aus erwachsenen Tieren beiderlei Geschlechts sowie aus jungen Individuen bestehenden Herden. Aus der Zahl der geschlechtsreifen männlichen Tiere gehen nun meistens, auf dem Wege der erbittertesten Nebenbuhlerschaft, die Führer hervor, die über die Sicherheit der Herde wachen und von den übrigen, weniger starken Individuen begleitet werden. Das Haupt der Herde erfreut sich eines derartigen Einflusses auf deren Glieder, daß es seine Macht nur denjenigen unter ihnen fühlbar macht, die ebenfalls Ansprüche auf die Führerschaft erheben möchten. Derartige Fälle werden jedoch gewöhnlich sofort durch Kampf entschieden, worauf die ganze Herde sich dem Sieger anschließt.

Die Frage über die Genesis des Herdeninstinktes haben viele Autoren zu lösen versucht. Spencer war es, der zuerst seine Ansicht hierüber ausgesprochen hat. Seiner Meinung nach war der Entwicklungsweg des Herdeninstinktes der folgende:

- 1) Die Individuen der Herde führen bei drohender Gefahr Handlungen aus und geben Laute von sich, die von den übrigen Individuen gesehen und gehört werden.
- 2) Durch die häufige Wiederholung dieser Erscheinung wird eine Assoziation zwischen der Art der Gefahr und einer bestimmten Gruppe von Lauten und Handlungen hergestellt.
- 3) Die angeeigneten Gewohnheiten werden erblich übertragen und verwandeln sich in einen Instinkt.

Alle Glieder in dieser Kette von Betrachtungen bedürfen der Korrektur.

1) Wenn die Individuen einer Herde in der von dem Autor angegebenen Weise einander gegenseitig nachahmen, so lernen sie damit noch nicht dem Führer nachzuahmen, und ohne Führer ist eine Herde undenkbar.

2) Es liegt keine einzige wissenschaftlich festgestellte Tatsache vor, durch welche die in der klassischen tierpsychologischen Literatur a priori angenommene Doktrin beglaubigt wird, laut welcher Gewohnheiten in erbliche Instinkte übergehen können.

Andererseits aber gibt es eine Menge von Tatsachen, die zeigen, daß erworbene Angewohnheiten ebensowenig durch Vererbung übertragen werden, wie die erworbenen Merkmale im Gebiete der Morphologie.

Mit wissenschaftlicher Begründung wurde die Frage über die Genesis und Evolution der Herdeninstinkte zum ersten Male von Galton behandelt, der interessante und gründliche Untersuchungen über das Leben des Damar-Rindes in Südafrika anstellte. Sein wichtigstes Resultat besteht darin, daß er im Leben dieser Herdentiere zum ersten Male zwischen Herdeninstinkten im eigentlichen Sinne und sozialen Instinkten unterscheidet.

Durch die Herdeninstinkte werden die Tiere ausschließlich zum Zwecke der Selbsterhaltung — Verteidigung und Angriff — zu einer Gruppe verbunden, und zwar stets unter der Leitung eines Führers, indem sie seinen Handlungen nachahmen oder seinen durch Bewegungen oder die Stimme erteilten Anweisungen Folge leisten. Die sozialen Instinkte dagegen stehen nicht in direkter Beziehung zur Selbsterhaltung und entstehen durch Nachahmen der Individuen untereinander nicht aber dem Führer.

Der Zweck des Herdenlebens besteht darin, ein Maximum von Gefahrlosigkeit unter Anwendung eines Minimum von Wachsamkeit zu erzielen.

Zu dem, was über das Herdenleben gesagt worden ist, bleibt noch hinzuzufügen, daß wir der höchsten Form der sozialen Instinkte bei den Affen begegnen, wie dies auch zu erwarten war. Prof. J. J. Metschnikoff schreibt in seinem interessanten Werke „Studien über die Natur des Menschen“ unter anderem folgendes:

„Wir sind nur ungenügend über das gesellige Leben der menschenähnlichen Affen unterrichtet, jedoch nach allem, was uns bekannt ist, weist dieses Leben nur die allerersten Anzeichen einer Geselligkeit auf. Der Mensch ist in dieser Hinsicht natürlich viel weiter fortgeschritten. Selbst die unter allen jetzt lebenden Völkerschaften am tiefsten stehenden und primitivsten Rassen, wie z. B. die Buschmänner und die Eingeborenen Australiens, legen einen scharf ausgesprochenen sozialen Instinkt an den Tag.“

Mit alledem wird man sich natürlich einverstanden erklären müssen: die Geselligkeit der Affen repräsentiert selbst im Vergleiche mit den allerprimitivsten Völkern etwas sehr Primitives. Allein dies hindert sie nicht, zu gleicher Zeit für das Tierreich die höchste Form darzustellen. Der Unterschied zwischen einer Affengesellschaft und dem Herdenleben von Gruppen anderer Tiere liegt erstens in der gegenseitigen Hilfeleistung, wie sie von den Gliedern einander erwiesen wird, oder der zwischen ihnen herrschenden Solidarität, und zweitens in der Subordination oder der Unterwerfung aller, sogar der Männchen, unter den Willen eines Oberhauptes, welches mit der Wahrung der gesellschaftlichen Sicherheit betraut ist.

„Die gesellschaftliche Solidarität offenbart sich hier nicht nur in gemeinschaftlichen Arbeiten, sondern auch in der unmittelbaren Unterstützung, die von jedem einzelnen Mitglied der betreffenden Schar allen seinen Kameraden geleistet wird. So säubern sich die Affen gegenseitig von Parasiten und Insekten; sie entfernen sich nach Wanderungen durch Gestrüpp gegenseitig die in das Fell und das Fleisch eingedrungenen Dornen und Stacheln; sie bilden Ketten, um von einem Baume auf einen anderen zu gelangen; sie versammeln sich und heben oder verschieben mit gemeinschaftlichen Kräften einen allzu schweren Stein und endlich behüten und verteidigen alle erwachsenen Mitglieder

ihrer Gesellschaften in gleicher Weise die Jungen, deren Erziehung sehr lange dauert. Erkrankt eines der in der Gefangenschaft gehaltenen Löwenäffchen, so eilen alle seine Genossen zu ihm und bemühen sich, seine Leiden auf irgend welche Weise zu erleichtern.

Die Subordination tritt in einer ganzen Reihe von Erscheinungen zu Tage, angefangen von dem Nachahmen von Bewegungen bis zur Weitergabe von Wünschen durch Zeichen: diese Subordination wird von dem Führer verlangt, der gleichzeitig die Herde regiert und anführt.“

Was lehrt uns nun die Stufenfolge, die bei der Entwicklung der tierischen Geselligkeit durchlaufen worden ist?

Vor allem erfahren wir durch sie, daß der ausschließlich durch die natürliche Auslese im Kampfe ums Dasein, wie überhaupt alle Instinkte, entstehende Gruppeninstinkt schon aus diesem einen Grunde einen für das Leben der Spezies nützlichen Instinkt darstellen muß, was denn auch in der Tat der Fall ist.¹ Das lehrt uns die Biologie. Es versteht sich von selbst, daß wenn das Zusammenleben im Kampfe ums Dasein eine Waffe darstellt, diese Waffe um so sicherer den Zweck erreichen hilft, je vollkommener sie ist; je höher entwickelt und je vollkommener sich die Form des gemeinschaftlichen Lebens demnach darbietet, desto größer ist der Nutzen, den sie der betreffenden Spezies bringt. Hierdurch wird es verständlich, warum die Evolution der Geselligkeit in direktem und unauflösbarem Zusammenhange steht mit der Entwicklung des Nervensystems, d. h. mit der Evolution des Tierreiches selbst. Infolgedessen erblicken wir bei den Säugetieren auch die höchste Form der Geselligkeit. Bei den Affen finden wir gleichzeitig mit der höchsten Form des Herdenlebens auch den höchsten Grad geistiger Fähigkeiten entwickelt.

Mit anderen Worten: die Tatsachen beweisen uns, daß die Evolution der Geselligkeit, wie dies auch zu erwarten war, bei den Tieren mit der Entwicklung ihrer psychischen Fähigkeiten gleichen Schritt hält und ebenso unmerklich und allmählich von einer Stufe zur anderen emporsteigt, wie dies auch bei der Evolution des Tierreiches selbst der Fall ist.

Mit den Betrachtungen über die Genese und die Evolution der Geselligkeit im Tierreiche ist die Aufgabe, die ich mir bei der vorliegenden Abhandlung gestellt habe, erfüllt. Die Biologie der Hummeln hat uns die wahre Natur der Erscheinung kennen gelehrt, die als das „Zusammenleben“ der geselligen Insekten bezeichnet wird, und uns gezeigt, daß dieses „Zusammenleben“ nichts anderes darstellt, als eine Symbiose, die den deutlich ausgesprochenen Charakter des Parasitismus in sich trägt, — d. h. ein Phänomen, das zu einer ganz anderen Kategorie biologischer Organisationen gehört, als die wahre Geselligkeit. Hierdurch wurden wir in den Stand gesetzt, den Entwicklungsgang dieser letzteren Erscheinung zu verfolgen, indem die Hindernisse, die den Forschern früher durch die berühmten „Staaten der Hymenopteren“ in den Weg gelegt wurden, beseitigt worden sind. So hat uns unsere Betrachtung von dem kosmischen Prozesse, der dem Triebe der ein-

¹ Bezüglich der Entstehung und der Entwicklung der Instinkte ausschließlich auf dem Wege der natürlichen Auslese, vergl. meine Arbeit: „Die Frage der Zoopsychologie.“

fachsten Organismen, sich einander anzuschließen, zu Grunde liegt, bis zu dem sozialen Instinkte der Herde ununterbrochen emporgeführt.

Der soziale Instinkt der Tiere spielt auf jeder beliebigen Stufe der Entwicklung eine untergeordnete Rolle gegenüber dem Herdeninstinkte. Erst in der menschlichen Gesellschaft nehmen die sozialen Instinkte nicht nur den Kampf mit den Herdeninstinkten auf, sondern behalten dabei bisweilen auch die Oberhand.

Das beigefügte Schema (Fig. 136) gibt uns ein klares Bild von der Evolution der Geselligkeit, wie sie aus den tatsächlichen Angaben der vorliegenden Untersuchung hervorgeht, wobei auch die letzte Entwicklungsstufe — die Stufe der Geselligkeit mit dem derselben zu Grunde liegenden sozialen Instinkte, mit einbegriffen worden ist.

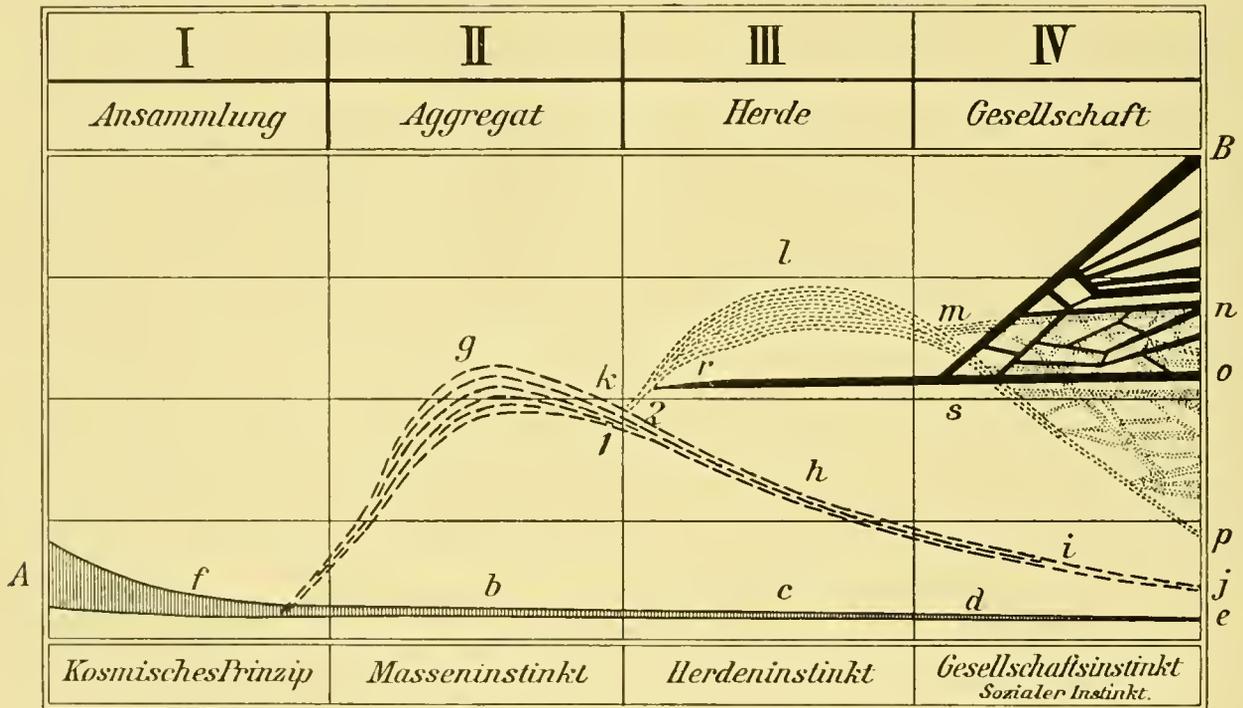


Fig. 136.

Dieses Schema weist außerdem auch noch auf die gegenseitigen Beziehungen hin, welche zwischen den von der menschlichen Gesellschaft aus alter Vorzeit ererbten Instinkten bestehen, sowie auf deren genetischen Zusammenhang und die Bedeutung, die ihnen in den verschiedenen Epochen der Evolution zukam. A, f, b, c, d, e — zeigt uns den Gang und den Zustand der Entwicklung jener Kraft, die ich das kosmische Prinzip, in dem Prozesse der Vereinigung von Individuen einer Spezies genannt habe. Aus dieser primären Gewalt entspringt ein Faktor von bereits psychologischer Natur — der Masseninstinkt (B, g, h, i, j); der Ausgangspunkt B dieses Faktors ist in der ersten Vertikalreihe (I) angegeben; seine höchste Entwicklung, in der zweiten Reihe (II) ist gleichzeitig charakteristisch für diese Stufe in der Evolution der Geselligkeit; mit dem Übergange auf die dritte

Stufe (III) beginnt die Bedeutung des Masseninstinktes abzunehmen (h) und geht in die vierte und letzte Stufe (IV) in seiner Rolle bereits bedeutend schwächer geworden über.

Auf der Grundlage des Masseninstinktes entwickelt sich in k der Herdeninstinkt, dessen Verlauf durch die Buchstaben k, l, m, p bezeichnet ist. Durch diesen Instinkt wird die dritte Stufe der Geselligkeit charakterisiert, auf welcher derselbe auch seine höchste Entwicklung im Tierreiche erreicht. In dem Punkte m geht er auf die vierte Stufe über — die menschliche Gesellschaft —, in der er fortfährt, eine außerordentlich große Rolle zu spielen, nämlich als ein zur Massenbildung führender Instinkt, insofern die Menge (der Haufen) als ein Produkt des Herdenprinzipes erscheint.

Auf derselben dritten Entwicklungsstufe der Geselligkeit, und zwar im Punkte r, entsteht aus dem Herdenleben der Tiere ein neuer Instinkt, von welchem schon weiter oben die Rede war — der soziale Instinkt. In dem Punkte s geht dieser Instinkt in die nächstfolgende vierte Stufe über, wo er auf der Bahn seiner Entfaltung in sehr vielen Punkten mit dem Herdeninstinkte zusammentrifft. Das Viereck m, n, o, s unseres Schemas bezeichnet das Gebiet dieses Zusammentreffens der Herden- und der sozialen Instinkte; es ist ein Gebiet, dessen Zergliederung und Auseinanderhaltung in der menschlichen Gesellschaft große Aufmerksamkeit und die für die Lösung dieser Aufgabe notwendigen Grundlagen erfordert. Jenseits dieses gemeinsamen Feldes haben wir einerseits das Gebiet der ausgesprochenen und stark differenzierten sozialen Instinkte m q n, andererseits dasjenige der ebenfalls deutlich ausgesprochenen und differenzierten Herdeninstinkte der Menge s o p.

Die Gesellschaft stellt demnach auf der höchsten Stufe ihrer Entwicklung, d. h. in der Gestalt, wie wir sie bei dem Menschen antreffen, eine äußerst komplizierte Vereinigung der diese Gesellschaft zusammensetzenden Individuen zu einem Ganzen dar. Dieser Vereinigung liegt eine Gruppe von Instinkten zu Grunde, die die Menschheit aus der fernliegenden Vergangenheit ererbt hat: der Masseninstinkt und Herdeninstinkt, die auf den vorhergehenden Stufen der Entwicklung die vorwiegenden Instinkte waren, und der soziale Instinkt, der sich in der Menschheit die führende Stelle erobert.

Ausführlich über die gegenseitigen Beziehungen dieser Instinkte zueinander und über ihre Bedeutung für die menschliche Gesellschaft zu sprechen ist hier nicht der Ort; sie sollen in einem demnächst im Drucke erscheinenden Kursus von Vorlesungen über die Biologie der Sozialwissenschaften näher betrachtet werden.

Erklärung zu Tafel I.

- Fig. 1. Verschiedenheit in der Färbung des Abdomens bei Arbeiterinnen von *Bombus lapidarius*, — ziegelrot bis rein weiß.
- Fig. 2, 3, 4. Honigtöpfe: große Wachsellen, welche durch überwinterte Weibchen angefertigt werden; bisweilen sind dieselben durch besondere Verfestigungen miteinander verbunden (Fig. 36).
- Fig. 5. pi — Eierzelle von *Bombus terrestris*; ce — Wachs, aus welchem dieselbe gebildet wird; ov — Eier; po — Nährmaterial; coc — Kokon, auf welchem die Eierzelle angebracht ist.
- Fig. 6. Wabe, auf deren Kokons (coc) zwei Eierzellen (pi) angefertigt wurden, von denen die eine bereits zu einer kleinen Larvenzelle (lar) geworden ist.
- Fig. 7. Kokons (coc), auf welchen Eierzellen (pi) und eine Larvenzelle (lar) angebracht sind.
- Fig. 8. Eierzellen im Durchschnitt; Bezeichnungen wie in Fig. 5.
- Fig. 9. (A u. B.) Drei Eierzellen, welche derart nebeneinander aufgeführt wurden, daß ihre Höhlungen miteinander in Verbindung stehen.
- Fig. 10, 11, 12, 13, 14. Larvenzelle in verschiedenen Stadien der Entwicklung; auf dem letzten Stadium (Fig. 14) haben die Larven sich verpuppt, ihre Kokons (coc) beginnen über die ganze Masse hervorzutreten, wobei die Arbeiterinnen dieselben vom Wachs reinigen.
- Fig. 15. Zwei Larvenzellen, A u. B, beide in natürlicher Größe. A — nicht geöffnet, B — geöffnet und von der sie bedeckenden Wachshülle befreit, sodaß die in einer weißlichen Flüssigkeit (m b) schwimmenden Larven (lar) zu sehen sind.
- Fig. 16. Isolierte Wabe von *Bombus lapidarius*; vr — Becher, aus welchem die erste Hummel ausgekrochen ist; coc — Kokons, in welchen Larven enthalten waren; coc.l — etwas beschädigter Kokon, in welchem eine Larve zu sehen war; cel₁ u. cel₂ — Wachsellen; x — die Stelle, wohin ich das versuchsweise von dem instandgesetzten Kokon (coc.l) hinweggenommene Wachs hingelegt hatte.
- Fig. 17. Kokons (coc); auf dem einen derselben sind zwei Eierzellen (pi) und zwei Wachsellen (cel₁ u. cel₂) angefertigt worden.
- Fig. 18. Wabe, bestehend aus einer geringen Anzahl von Kokons (coc); auf dem einen dieser letzteren sind eine Eierzelle (pi) und zwei bedeutend vorgeschrittene Larvenzellen (lar₁ u. lar₂) angebracht.
- Fig. 19. Wachsdach (c. ce) eines Nestes von *Bombus lapidarius*, über einer aus fünf einzelnen Teilen (ga₁, ga₂, ga₃, ga₄, ga₅, von welchen letztere sich unter dem Dache c. ce befindet) bestehenden Wabenmasse aufgeführt.
- Fig. 20. A — Halbzelle, bestehend aus dem Becherchen vr und einem Wachsaufbau c. ce.
B u. C — Halbzellen mit unvollkommenem Wachsaufbau (B — im Schnitt, C — in toto).
- Fig. 21. Aus 4 Etagen et₁, et₂, et₃, et₄ bestehende Wabenmasse; coc — Kokons; vr — Becherchen.
- Fig. 22. Zwei Etagen von Waben: et₁ u. et₂; erstere besteht aus einer, letztere aus zwei Waben.
-

Inhalt.

	Seite
Einleitung	I—III
Einige allgemeine Bemerkungen über diejenigen Arten von Hummeln, an welchen die vorliegenden Untersuchungen angestellt wurden	1—5

Erster Teil.

Die solitären Instinkte der Hummeln.

Kapitel I. Das Überwintern der Hummeln.

Warum überwintern die Weibchen nicht in ihren Nestern? Das Aufsuchen eines Ortes für die Überwinterung durch die Arbeiterinnen und die großen Weibchen. Einrichtung der Höhle. Fälle von gemeinsamem Überwintern mehrerer Weibchen von *Bombus lapidarius* 6—12

Kapitel II. Der Bau des Nestes.

A. Die Wahl des Platzes für den Nestbau. Die spezifischen Unterschiede in der Wahl eines Platzes für den Bau des Nestes. — Die Station und ihre Grenzen stimmen bei den verschiedenen Arten mit den Grenzen der Tracht überein. — Hummeln und Mäuse. „Ungewöhnliche“ Fundorte für Hummelnester. — Die Psychologie der „Auswahl“ eines Platzes für die Anlegung des Nestes.

B. Das Baumaterial der Hummelnester. Das Material, welches aus verschiedenen Gegenständen pflanzlichen (und bisweilen auch tierischen) Ursprunges besteht, und das Material, welches von den Hummeln selber ausgeschieden wird. Das an Ort und Stelle „vorgefundene“ und das „herzugetragene“ Material. Die „Wahl“ des Materiales für oberirdische Nester und seine biologische Bedeutung. „Verbesserungen“ und „Fortschritt“ in der Auswahl des Materiales nach der Ansicht der Autoren.

Abweichungen in der Wahl des Materiales in der direkten Bedeutung dieses Wortes. Die Psychologie der mit der Wahl des Materiales im Zusammenhange stehenden Tätigkeit der Hummeln.

C. Die Architektur des Nestes.

1. Die Architektur des äußeren Nestes.

a) bei den oberirdischen Hummeln:

Die allgemeine Gestalt des Nestes; seine Größe. Einrichtung des Nestes und die Teile desselben. Die Rolle des Lichtes bei dem Baue des Nestes; die Analogie zwischen dieser Rolle und derjenigen, welche das Licht beim Nestbau der Spinnen spielt. Die Psychologie der Tätigkeit der Hummeln bei der Anlage des Nestes.

b) Bei den unterirdischen Hummeln:

Die Teile des Nestes und deren Entstehung. Die Tiefe des Nestes.

2. Die Architektur des inneren Nestes.

Die vegetabilische Schicht dieses Nestes und ihre biologische Rolle. Das Schwanken in diesem Teile der Architektur der Bauten. Die aus Wachs bestehenden Teile des Baues, welche bei der Anlage des Nestes von dem Weibchen verfertigt werden. Das Flugloch. Die Abweichung des Instinktes in der Architektur des Nestes

13—38

Kapitel III. Die Psychologie der Tracht. (Die Nahrung und ihre Gewinnung).

Wonach richten sich die Hummeln bei dem Besuchen von Blüten behufs Nahrungsgewinnung? Angaben in der Literatur. Meine Untersuchungen. Die Rolle der Sehorgane bei dem Aufsuchen der Blüten behufs Einsammeln von Nahrung. Die Entfernung, auf welche hin die Hummeln befähigt sind, Blüten von bestimmter Farbe zu unterscheiden. Die Rolle der Geruchsorgane. Die Psychologie der Tätigkeit der Hummeln bei der Gewinnung von Nahrung überhaupt und speziell bei dem Durchnagen der Blumenkrone einiger Blüten behufs Abkürzung der Arbeit

38—51

Kapitel IV. Die Psychologie des Ausfluges der Hummeln aus dem Neste und ihre Rückkehr in dasselbe.

Angaben in der Literatur: G. W. u. El. Peckham; P. Marchal; E. Marchand; Bouvier; Fabre; Bethe.

Meine Untersuchungen:

- A. Beobachtungen über das Zurückkehren in das Nest vermittelt Laufens.
- B. Beobachtungen über den Abflug vom Neste und den Rückflug zu demselben.
 - a) Beobachtungen im Zwinger. Die Wege des Ab- und Heimfluges prägen sich dem Gedächtnisse der Hummeln in verschiedener Weise ein und werden unabhängig von einander im Gedächtnisse behalten.
 - b) Beobachtungen über den Abflug der Hummeln und deren Zurückkehren in das Nest in der Freiheit. Die Hummeln prägen sich die Anordnung der Gegenstände in der Form ein, wie sie ihnen bei der Rückkehr erscheinen wird, nicht aber so, wie sie sich bei dem Abfluge aus dem Neste darstellt.

Die Kategorien von Tatsachen, welche die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung feststellen. Die Tatsachen einer dieser Kategorien beweisen überdies, daß die Hummeln die Wege des Abfluges unabhängig von denen der Rückkehr im Gedächtnis behalten, daß beide Wege keinerlei Beziehungen zu einander haben, und daß dieselben zwei selbständige psychische Akte darstellen.

Die Mittel zur Einprägung der leitenden Punkte bei dem Abfluge behufs Ermöglichung der Rückkehr in das Nest. Die Sphäre des Sehens und die Sphäre des Unterscheidens der Gegenstände (nach Farbe und Gestalt). Der Richtungssinn im Prozesse des Abfluges der Hummeln und ihrer Rückkehr in das Nest von dem Fundorte der Tracht. Allgemeine Charakteristik dieses Prozesses nach dessen grundlegenden Momenten auf der gesamten Strecke des Weges und die biologische Bedeutung dieser Momente des Prozesses.

- c) Psychologie des Abfluges und der Rückkehr der Hummeln auf Grund des dargelegten Materiales

51—78

Zweiter Teil.**Die „sozialen“ Instinkte der Hummeln.**

(Die Elemente ihres „Familien“- und „geselligen Lebens“.)

Kapitel I. Die mit der Eiablage durch das Weibchen in Verbindung stehenden Erscheinungen der „Geselligkeit“ bei der Hummel-„Familie“.

Über einige Eigentümlichkeiten, welche mit der Ablage der Eier durch das Hummelweibchen nach den Beschreibungen der Autoren verbunden sind.

Versehen die Weibchen die von ihnen in die Eierzellen abgelegten Eier mit Nährmaterial? 79 — 92

Kapitel II. Die Pflege der Brut durch die Mitglieder der Hummel-„Familie“.

A. Das Bebrüten der Larvenzellen und Kokons.

B. Die Beaufsichtigung der Behausungen der Larven durch die Hummelarbeiterinnen.

C. Das Füttern der Brut.

Die gesamte mit dieser Pflege (dem Bebrüten, der Beaufsichtigung der Behausungen der Larven, dem Füttern) verbundene Tätigkeit der Hummeln ist eine instinktive, d. h. sie ist weder von Anweisungen noch von Erfahrungen abhängig.

Der Charakter der psychischen Tätigkeit der Hummeln, insofern er durch Tatsachen, welche mit der Vernichtung der Eier und Larven durch die Arbeiterinnen im Zusammenhange stehen, bestimmt wird 93—116

Kapitel III. Die Psychologie der Gefühle, welche die Glieder einer Hummel-„Familie“ einander gegenüber an den Tag legen.

Die Drohnenschlacht 116—121

Kapitel IV. Über die Einrichtung der Waben und die damit zusammenhängende Tätigkeit der Hummeln.

1. Der Bau der Wabenstücke im Zusammenhange mit den Veränderungen bei den dieselben zusammensetzenden Kokons (eine Arbeit, welche zum Teil von den Hummeln, größtenteils aber von den Larven geleistet wird).

2. Der Bauplan und die Entwicklung der Wabenmassen, in Abhängigkeit von der Anordnung der dieselben zusammensetzenden Wabenstücke (Arbeit der Weibchen und der Arbeiterinnen).

Die Tätigkeit der Hummeln, welche als die Instandhaltung des Nestes bei etwaigen Beschädigungen bezeichnet wird.

Die Art und Weise, wie eine Bauarbeit ausgeführt wird, ist bei Individuen einer Art die gleiche, bei verschiedenen Arten dagegen eine verschiedene.

Über die gegenseitige Hilfeleistung bei den gesellig lebenden Insekten, welche nach der Ansicht vieler Autoren eines der wichtigsten Merkmale für die Unterscheidung der „sozialen“ Insekten von den solitären darstellt und erstere mit den Gesellschaften des Menschen in nähere Beziehung bringt 121—144

Kapitel V. Über den „gemeinsamen“ Angriff und die „gemeinsame“ Verteidigung der „Familie“ in der Gefahr.	
Massenbewegung.	
Die Massenbewegungen der Hummeln (und anderer „sozialer“ Insekten) stellen eine Erscheinung dar, welche ihrer psychologischen und biologischen Bedeutung nach vollständig identisch ist mit den Massenbewegungen der einsam lebenden Insekten	144—152
Kapitel VI. Über die „gemeinsame“ Tätigkeit der Hummel-„Familie“ bei deren Übersiedelung von einem Orte nach einem anderen.	
A. Die Übersiedelung ohne Königin.	
B. Die Übersiedelung mit der Königin	152—158
Kapitel VII. Über die „Sprache“ der „sozialen“ Insekten.	
1. Die „Sprache“ des Geruchsinnes	
a) Die Mitteilung über den Platz, wo das neue Nest bei der Übersiedelung eingerichtet werden soll.	
b) Über das Erkennen der Nestgenossen und fremder Individuen.	
2. Die „Sprache“ des Gefühlssinnes	158—181
Kapitel VIII. Veränderung in den sozialen Instinkten während der Periode des Zugrundegehens des Hummelvolkes mit Eintritt der Wintermonate sowie unter der Einwirkung der Gefangenschaft	181—191

Dritter Teil.

Allgemeine Ergebnisse und Schlußfolgerungen.

Kapitel I. Die Geselligkeit der Insekten und die Geselligkeit der höher stehenden Tiere in der einschlägigen Literatur	192—194
Kapitel II. Die psychischen Fähigkeiten der sogenannten sozialen Insekten, welche den psychischen Fähigkeiten der einzeln lebenden Hymenopteren als hochentwickelt gegenübergestellt werden, stehen in Wirklichkeit nicht höher, ja vielleicht niedriger als diese letzteren.	
A. Das Überwintern der einsam lebenden Hymenopteren.	
B. Die Anlage eines Nestes durch das Weibchen zur Aufzucht der Nachkommenschaft bei den „sozialen“ und „solitären“ Insekten.	
C. Die Instinkte, die mit der Beschaffung von Nahrung für die Nachkommenschaft im Zusammenhange stehen.	
D. Die Instinkte, welche auf die Verteidigung der Nachkommenschaft und auf die Sicherstellung ihrer Entwicklung gerichtet sind, bei den gesellig und bei den einsam lebenden Insekten	195—202
Kapitel III. Das Zusammenleben der sogenannten „sozialen Insekten“ repräsentiert weder eine Familie, noch eine Herde, noch eine Gesellschaft, noch weniger endlich ein Staatswesen	202—207

Kapitel IV. Das Studium der verschiedenen Formen biologischer Organisation im Tierreiche führt zu der Überzeugung, daß zwischen dem Zusammenleben der sogenannten „sozialen Insekten“ und der wahren Geselligkeit keinerlei Zusammenhang besteht	207—212
Kapitel V. Das Zusammenleben der „sozialen Insekten“ repräsentiert eine spezielle Form der Symbiose mit dem Charakter eines deutlich ausgesprochenen Parasytismus	212—223
Kapitel VI. Die Genesis und die Evolutionen der Geselligkeit erfolgen nach Gesetzen und auf Wegen, von welchen das Zusammenleben der sogenannten sozialen Insekten weit abseits liegt und auf der Stufenleiter der Evolution dieser biologischen Organisation — der Geselligkeit — (Ansammlung, zeitweilige und ständige Aggregation, Herde, Horde, verschiedene Formen der menschlichen Geselligkeit, Staat) keine einzige Stufe einnimmt	223—233
Erklärung zu Tafel I	234
Inhalt	235—239
