

mechanischen Abspülens der Schutzschichten. Wenn man ferner berücksichtigt, daß in der neueren Zeit im Gegensatz zu früheren vorwiegend zinkärmere Messingsorten verwendet werden, die nur eine geringere Neigung zur Entzinkung haben, so wird man sich nicht wundern, daß nach den Angaben von BENGOUGH die Zahl der Versager durch Entzinkung von früher 60% auf nur 20% aller Versager herabgegangen ist.

Die so sorgfältig untersuchte lokale Entzinkung ist also gar nicht der Hauptfeind des Kondensators, man hat sein Augenmerk wieder auf die allgemeine Korrosion und auf die Erosion zu richten. Um diese zu bekämpfen, gibt es nur ein Mittel: chemisch und mechanisch widerstandsfähige Schutzschichten. Dem Problem der Bildung dieser Schichten wendet sich das Interesse der Korrosionsforschung in Kondensatorrohren nun beinahe ausschließlich zu, und BENGOUGH beschreibt eine Reihe von systematischen Versuchen, die der Entstehung und der Natur der Korrosionsprodukte gelten — erst bei Kupfer, dann beim Zink und zuletzt beim Messing. Er beschreibt auch einige erfolgreiche Versuche, die Entstehung solcher Schichten, z. B. durch Einwirkung von stehendem Seewasser künstlich hervorzurufen. Alle diese Versuche haben jedoch zunächst noch den Charakter vorläufiger Beobachtungen, um die eingangs erwähnten, äußerst komplizierten kolloidchemischen Probleme systematisch anzufassen.

#### VI.

Wir haben versucht, an der Korrosion der Kondensatorrohre die typische Entwicklung der Erforschung eines Korrosionsproblems kurz zu verfolgen. Wir haben gesehen, wie die Notwendigkeit, den äußeren Bedingungen eine große Aufmerksamkeit zu schenken, das Problem erschwert,

wie es trotzdem gelungen ist, im Kampfe gegen die Entzinkung durch Wahl geeigneter Zusammensetzungen wesentliche Vorteile zu erreichen und wie zum Schluß durch Veränderung der technischen Bedingungen das Problem sich wieder verschiebt und der Hand des Forschers entgleitet. Ja, das bisherige praktische Hauptergebnis, die Vorschritt einer verbesserten Legierung, wird belanglos und nahezu illusorisch; man möchte meinen, daß man nichts erreicht hat, daß man wieder am Anfang des Weges steht.

Das ist jedoch keineswegs der Fall. Eine sehr weitgehende Klärung der Problemstellungen ist erreicht worden. Ohne die mühsamen Arbeiten von BENGOUGH und anderen wäre es nicht geglückt, dem Korrosionsproblem auch die noch lückenhafte prinzipielle Formulierung zu geben, die eingangs versucht wurde. Früher wußte man überhaupt nicht, worum es sich handelt. Heute wissen wir es wohl, und die exakte Wissenschaft sieht die — allerdings sehr dornenvollen — Wege vor sich, auf denen die Lösung der Korrosionsprobleme zu versuchen ist. Es ist tatsächlich möglich und es ist an der Zeit, die prinzipielle Verfolgung der Angelegenheit in die Hände der reinen Wissenschaft zu legen, wie es in England und auch in Deutschland in der chemisch-technischen Reichsanstalt neuerdings geschieht. Die technische Verfolgung der praktischen Seite der Probleme darf deshalb nicht ruhen.

Im obigen ist nur von der Korrosion der Nichteisenmetalle, insbesondere der des Messings die Rede gewesen. Das Gebiet der Eisenkorrosion ist noch erheblich schwieriger infolge der erdrückenden Mannigfaltigkeit der Bedingungen, denen es in der Praxis ausgesetzt wird. Speziellere Probleme eignen sich für die erste Durchforschung besser.

## Die Ameisenmimikry.

VON ERICH WASMANN, S. J., Aachen<sup>1)</sup>

(Schluß.)

#### IV.

Wenden wir uns jetzt zur *Tastmimikry*. Es ist bekannt, daß die Fühler für die Ameisen die biologisch wichtigsten Organe sind für ihre Beziehungen zur Umwelt. Insbesondere dienen sie zur Orientierung. Für die Fernorientierung kommt jedoch für viele Ameisen, deren Lichtsinn gut entwickelt ist, dieser in noch höherem Grad in Betracht<sup>2)</sup>, was SANTSCHI durch seine Lichtkompaßtheorie zum Ausdruck gebracht hat. Zur Nahorientierung dienen jedoch fast nur die Fühler, und zwar

vorwiegend die Fühlerspitzen. Alles, was einer Ameise auf ihrem täglichen Lebenswege begegnet, wird mit den Fühlerspitzen auf seine anziehenden oder abstoßenden Qualitäten untersucht. Am allerwichtigsten und allerstrengsten aber ist das Fühlerexamen, dem sie ein ihren Weg kreuzendes lebendiges Wesen unterzieht, ob es Freund oder Feind, Koloniegenosse oder Fremdling, Beutetier oder Kamerad ist. Da nun aber die Gäste des Mimikrytypus sich den Ameisen gegenüber als Kameraden aufspielen, d. h. als etwas ihnen Ähnliches, zu ihnen Gehöriges vorstellen müssen, wenn ihnen die Begegnung nicht schlecht bekommen soll, so ist es ohne weiteres klar, daß sie auf „Tastmimikry“ sich zu verlegen haben. Das ist jedoch nicht so einfach, wie es aussieht. Die Analyse des Begriffs der Tastmimikry zeigt, daß die wissenschaftliche Ameisenmimikry *rein gar nichts zu tun hat* mit oberflächlichen Anthropomorphismen, sondern

<sup>1)</sup> Nach einem auf dem III. Internationalen Kongreß für Entomologie zu Zürich am 24. Juli 1925 gehaltenen Vortrag. Von den Lichtbildern konnte hier nur ein Teil reproduziert werden.

<sup>2)</sup> Siehe besonders R. BRUN, Die Raumorientierung der Ameisen, Jena 1914 und F. SANTSCHI, L'orientation sidérale des Fourmis, Lausanne 1923 (Mém. soc. vaud. scienc. nat. Nr. 4).

wie zugeschnitten ist *auf die eigenartigen Sinnesqualitäten* der Ameisen sowie *auf den eigenartigen Gebrauch*, den sie von ihren Sinneswerkzeugen machen.

Man kann eine *aktive* und eine *passive* Tastmimikry unterscheiden. Erstere bedeutet die Nachahmung des Fühlerverkehrs der Wirte durch den Gast und kommt hauptsächlich in Betracht bei jenen Gästen des Mimikrytypus, die bereits Symphilen geworden sind. Die passive Tastmimikry umfaßt dagegen alle jene Eigenschaften des Gastes, die Gegenstand einer Prüfung durch die Ameisenfühler werden können, also neben den körperlichen Merkmalen auch sein ganzes Benehmen (Bewegungsweise, Haltung usw.), ob es wirtsähnlich ist oder nicht. Hier haben wir uns zunächst nur mit dem materiellen Gegenstand der „Tastmimikry“ zu befassen. Aber da höre ich gleich den naheliegenden Einwand: Ist denn dieses Wort überhaupt zutreffend als Ausdruck für dasjenige, was der Gast den Ameisen bieten muß, falls sie ihn „für ihresgleichen“ halten sollen<sup>1)</sup>? Muß es nicht heißen: „*Tastgeruchsmimikry*“ statt „*Tastmimikry*“?

So müßte es in der Tat eigentlich heißen. Deshalb hat bereits M. C. PETERS<sup>2)</sup> (1903) gegen die Hypothese der Tastmimikry folgendermaßen argumentiert. Die Ameisen unterscheiden Freund und Feind bei der Berührung mit den Fühlerspitzen am Geruch, nicht an der Gestalt. Wenn also ein Gast einen den Wirtsameisen entsprechenden Geruch hat, so ist eine Nachahmung der Ameisengestalt für ihn ganz überflüssig; hat er ihn aber nicht, so hilft ihm eine auch noch so vollendete Ameisengestalt rein nichts. Somit beruht die ganze Theorie der Tastmimikry auf einem sinnesphysiologischen Irrtum. — So durchschlagend dieser Einwand erscheint, so wenig beweiskräftig ist er, weil er einen anthropomorphistischen Fehlschluß enthält. Daß der Geruchssinn der biologische Hauptsinn der Ameisen ist, und daß er ferner in erster Linie die Diagnose von Kolonienegesse oder Fremdling vermittelt, ist zweifellos richtig. Falsch ist es jedoch, ihn sich *vom Tastsinn getrennt* vorzustellen, wie bei uns. Bei uns können die Tastorgane (die Fingerspitzen) nicht riechen, und unser Geruchsorgan (die Nase) sitzt unbeweglich in der Mitte des Gesichts und kann nicht tasten. Die Ameisen haben dagegen in ihren Fühlern „bewegliche Nasen“, die zugleich tasten und riechen können. Wenngleich verschiedene nervöse Endorgane (Tastborsten und Riechkolben) es sind, die jenen beiden Sinnesqualitäten dienen, so bildet die tatsächliche Wahrnehmung derselben bei Berührung eines Gegenstandes mittels der Fühlerspitzen dennoch *eine untrennbare Einheit*, eine sogenannte *Komplexqualität*. Und wenn es richtig ist, daß die Tiere überhaupt keine „dinghaften“ Wahrnehmungen

und Vorstellungen haben, indem sie nicht das Objekt abstrahieren von seinen Eigenschaften und auch ebensowenig eine Eigenschaft von der anderen abstrahieren, sondern überhaupt nur „Komplexqualitäten“ wahrnehmen<sup>1)</sup>, so ist es doppelt richtig für die den Ameisen durch ihren Fühlersinn vermittelten Wahrnehmungen. Die Elemente der Geruchs- und der Tastempfindung, die in einer und derselben Berührung eines Objektes mittels der Fühlerspitzen enthalten sind, schließen sich zu einer *einheitlichen, untrennbaren* Komplexqualität der „*Geruchsform*“ des Gastes zusammen, die wir uns zwar nicht vorstellen aber doch denken können. Hiermit dürfte das physiologische Wesen der Tastmimikry wohl genügend aufgeklärt sein. Wenn ein Käfer, der wirtsähnlich riecht, zugleich auch wirtsähnlich gestaltet ist, so wird dadurch die *ganze* Geruchsform des Gastes *vollkommener mimetisch*.

Aber das genügt noch immer nicht für die wissenschaftliche Brauchbarkeit des Begriffs „Tastmimikry“; denn wir Menschen wollen durch ihn ja ausdrücken, daß irgend ein Käfer vom Ameisenstandpunkt aus eine „Geruchsform“ besitze, die ihn zu einem „täuschenden Nachbild“ seiner Wirte macht! Dürfen wir das? Wir Menschen vermögen mit unserem Geruchsorgan nicht zu beurteilen, ob der Käfer einen Geruch hat, der demjenigen seiner Wirte genau entspricht, und noch weniger, ob er ihnen sympathisch ist. Das *Geruchselement* in der Komplexqualität „Geruchsform“ bleibt somit für uns *unkontrollierbar*. Sogar das *Tastelement*, die Formähnlichkeit zwischen Gast und Wirt, entzieht sich einer experimentellen Nachprüfung, weil beide viel zu klein und zu zart sind, als daß wir mit unseren klobigen Fingerspitzen — und wären es selbst die zärtesten Damenhände — ein Gestaltexaräen an den 3—6 mm langen Wesen anstellen könnten. Was ist da zu machen? Gegen die erstere Schwierigkeit ist schon durch die untrennbare Einheit beider Elemente in der tatsächlichen „Geruchsform“ vorgesorgt; wenn wir das *eine* Element fassen, haben wir eben *beide vereint* gefaßt. Zur Lösung der zweiten Schwierigkeit dienen die folgenden, unserer eigenen Sinneserfahrung entlehnten Erwägungen. Wenn wir einen schmalen, mehr oder weniger gewölbten und gegliederten Gegenstand — nicht einen breiten, flachen — betasten und ihn dann von der Seite betrachten, so finden wir, daß sein „*Profilbild*“ ziemlich genau seinem „*Tastbild*“ entspricht. Wir müssen also die Gäste und ihre Wirte von der Seite in hinreichender Vergrößerung photographieren, um uns ein Urteil darüber zu bilden, welche Gäste zum Typus der Tastmimikry zählen, welche nicht. Die Oberansicht ist dafür gar nicht maßgebend, ja vielfach sogar irreführend, sei es nach der positiven, sei es nach der negativen Seite hin, wie ich 1925 (S. 100 ff. und 119 ff.) an Beispielen gezeigt habe; einzig die Seitenansicht entscheidet.

Diese kann mehr oder minder dem Profilbild

<sup>1)</sup> Siehe HANS VOLKELT, Über die Vorstellungen der Tiere. Leipzig 1914.

<sup>1)</sup> Nur der Anschaulichkeit für unsere Vorstellung wegen sage ich „für ihresgleichen“. Die psychologische Korrektur dieses anthropomorphen Begriffs wird noch folgen.

<sup>2)</sup> Mimikry, Selektion, Darwinismus (Leiden).

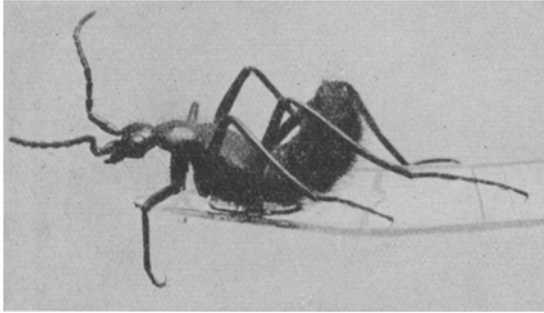


Fig. 8. *Dromanomma hirtum* Wasm. 7×. Bei *Anomma Wilverthi* Em. Kongo.

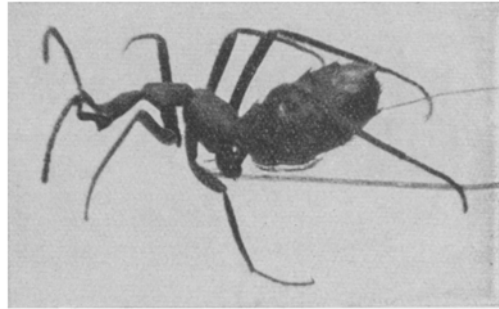


Fig. 10. *Ecitophya simulans* Wasm. ♀. 6,5×. Bei *Eciton Burchelli* Westw. Brasil.

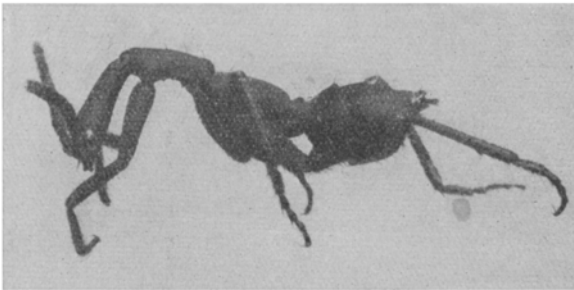


Fig. 9. *Ecitophytes coniceps* Wasm. 8×. Bei *Eciton quadriglume* Hal. Brasil.

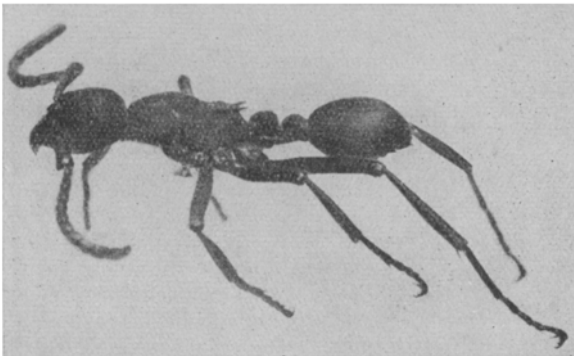


Fig. 9a. *Eciton quadriglume* Hal. ♂. 7×. Brasil.

der Wirte entsprechen, je nach dem Grad der Mimikry. Die Tastmimikry der dorylophilen Aleocharinen *beginnt* mit der wirklichen oder scheinbaren Formähnlichkeit einzelner Körperabschnitte des Gastes mit jenen des Wirtes, *schreitet fort* zur Ausbildung einer formvollendeten aber gleichsam verfeinerten Ameisengestalt und *gipfelt* endlich in der Nachahmung der Fühlerform des Wirtes. Vergleichen wir z. B. die Seitenansichten von *Dromanomma hirtum* (Fig. 8), *Ecitophytes coniceps* (Fig. 9), *Ecitophya simulans* (Fig. 10) und *Mimeciton Zikani* Wasm. (Fig. 3). Bei *Dromanomma*

wird der Ameisenhinterleib von *Anomma Wilverthi* nur durch die aufgerollte Haltung des Käferabdomens nachgeahmt, nicht durch dessen wirkliche Gestalt wie bei den folgenden Gattungen, wo der Hinterleib eiförmig gewölbt und überdies gestielt ist. Bei *Ecitophytes* (Fig. 9) ist die Formähnlichkeit der einzelnen Körperabschnitte mit jenen des Wirtes (*Eciton quadriglume* Hal. Fig. 9a) schon ziemlich vollkommen; der Kopf ist jedoch im Verhältnis zum Ameisenkopf zu schmal, dafür aber um so länger, eine Erscheinung, die uns noch bei 5 anderen Gattungen dorylophiler Staphyliniden begegnet<sup>1)</sup>; ferner zeigt die Fühlerform nur eine ganz entfernte Ähnlichkeit mit jener der Ameise. Bei *Ecitophya* (Fig. 10) sehen wir bereits eine ganz ausgesprochene Nachahmung der Fühlerform des Wirtes (*Eciton Burchelli* Westw.); aber der Schaft des Ameisenfühlers, der nur aus *einem* Gliede besteht, ist im Nachbild durch die Verlängerung des ersten *und* des dritten Gliedes gleichsam gefälscht dargestellt. Den Höhepunkt der Tastmimikry der Dorylinengäste zeigt uns *Mimeciton* (Fig. 3 und 3a) durch eine in ihren einzelnen Teilen getreue, im Gesamteindruck jedoch verfeinerte, gleichsam idealisierte Kopie der Wirtsgestalt (*Eciton praedator*, vgl. Fig. 3a). Die Fühler dieses „Ecitonaffen“ gleichen in ihrer Form vollkommen jenen der gleichgroßen Arbeiterklasse des Wirtes, obwohl sie nur zehngliedrig sind, nicht zwölfgliedrig wie bei dieser. In der Fühlerbildung von *Mimeciton* verbindet sich die passive Mimikry mit der aktiven, indem sie den Fühlerverkehr der Wirte möglichst vollkommen nachzuahmen ermöglicht. Tatsächlich zählt *Mimeciton* zu den Symphilen oder „echten Gästen“, obwohl er seinem morphologischen Typus nach zum Mimikrytypus, nicht zum Symphilentypus gehört, weil spezialisierte äußere Exsudatororgane fast gänzlich

<sup>1)</sup> Es ist, als ob die mangelnde Breite durch die größere Länge im Tastbild ersetzt werden sollte. Eine entsprechende Verbreiterung des Kopfes scheint nämlich bei den Aleocharinen durch innere morphogenetische Ursachen ausgeschlossen zu sein.



Fig. 11. *Dipleociton constrictum* Wasm. ♀.  
12x. Bei *Eciton pilosum* Sm. Brasil.



Fig. 11a. *Dipleociton constrictum*. ♂. 12x. Seitenansicht.



Fig. 12.  
Mittlerer ♂ von *Eciton pilosum* Sm.

fehlen<sup>1)</sup>. Anders verhält es sich mit *Dorylocratus* (Fig. 14) vom belgischen Kongo, bei dem auf den Mimikrytypus von *Dorylominus* (Fig. 13) der höchstentwickelte Symphilitypus aufgebaut ist, den wir unter den myrmecophilen Staphyliniden überhaupt kennen.

Daß wir in der obigen Stufenreihe der Entwicklung des Tastmimikrytypus der dorylophilen Aleocharinen keine „Ahnenreihe“ zu sehen haben, ist selbstverständlich. Polyphyletische, auf Konvergenz beruhende Entstehung der analogen Anpassungstypen ist hier überhaupt die gewöhnliche Regel. Es gibt allerdings auch Fälle, wo wir einen direkten stammesgeschichtlichen Zusammenhang zwischen Gattungen, die eine Stufenreihe bilden, annehmen müssen, so z. B. zwischen *Dorylominus* und *Dorylocratus*; aber das sind ziemlich seltene Ausnahmen<sup>2)</sup>.

Unter den soeben aufgeführten Aleocharinengattungen des Mimikrytypus gesellt sich bei jenen, die bei *Eciton*arten mit gutentwickelten Seitenocellen leben, nämlich bei *Ecitophytes* und *Ecitophya*, zur Tastmimikry auch eine vollendete Gesichtsmimikry (s. oben), indem die Käfer bis in die Einzelheiten ihres Kolorits mit der gleichgroßen Arbeiterform des Wirtes übereinstimmen; bei den übrigen besteht keine gesetzmäßige Ähnlichkeit der Färbung zwischen Gästen und Wirten, welche teils ganz blind sind (*Dorylus-Anomma*), teils we-

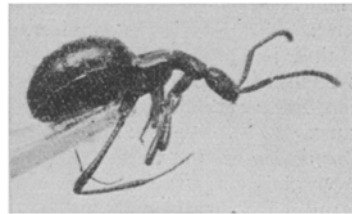


Fig. 13. *Dorylominus Kohli* Wasm. 8x. Bei *Anomma Wilverthi* Em. Kongo.

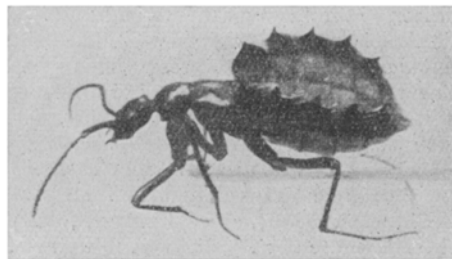


Fig. 14. *Dorylocratus rex* Wasm. 6,5x. Bei *Anomma Wilverthi*. Kongo.

nigstens in der (ihrer eigenen Größe entsprechenden) kleinsten Arbeiterform keine Spur von Seitenocellen haben (*Eciton praedator*). Am ausgeprägtesten ist der farbige Kontrast zwischen Gast und Wirt bei den *Mimeciton*, die rotgelb sind, die Wirte tief-schwarz.

In *Mimeciton* erreicht die Tastmimikry ihren *Kulminationspunkt*, aber sie kann hier nicht „hy-

<sup>1)</sup> Näheres zur Unterscheidung der morphologisch-biologischen Anpassungstypen der Myrmecophilen siehe Ameisenmimikry 1925, S. 35ff. und im ersten der beiden Sachregister.

<sup>2)</sup> Siehe 1925, S. 114.

pertelisch“, d. h. über das Ziel hinausreichend, genannt werden. Selbst bei *Diplociton constrictum* Wasm. (Fig. 11 und 11a) kann man nicht von eigentlicher Hypertelie der Mimikry reden, obwohl der Gast doppelt so viele Körpereinschnitte besitzt als seine Wirtsameise (*Eciton pilosum* Sm. Fig. 12); denn dies läßt sich biologisch verstehen aus dem Mimikryprinzip selber, weil nämlich der Käfer die mittlere Länge der Arbeiterform seines Wirts überschreitet und daher für letztere bei Berührung mit den Fühlern „ein sehr ausgedehntes Etwas“ bildet, das an jeder beliebigen Berührungsstelle eine ihrem eigenen Körper ähnliche Kurve aufweisen muß<sup>1)</sup>. Anders verhält es sich jedoch bei *Mimanomma spectrum* (Fig. 4 und 4a) Wasm., dem abenteuerlichsten Vertreter des Tastmimikrytypus, den wir bisher kennen. Als ich ihn 1912 zum erstenmal aus Kamerun erhielt, wo er in den Zügen von *Anomma Sjostedti* lebt, mußte ich erst an den mikroskopischen Präparaten der Mundteile und der Tarsen des sonderbaren Wesens feststellen, ob es ein Käfer oder eine Microhymenoptere sei. Bei Oberansicht gleicht es einer kleinen Stabheuschrecke mit dickem Hinterleib, ist also phasmoid nicht myrmecoid. In der Seitenansicht enthüllt sich uns jedoch eine lächerlich in die Länge gezogene Ameisengestalt mit zweigliedrigem Hinterleibsstiel (*Anomma* besitzt nur einen eingliedrigen) und einem echten fünfgliedrigen Ameisenhinterleib; die Fühler sind jenen der kleinsten Arbeiterform des Wirtes nachgebildet, alles aber, was zwischen jenen beiden Körperenden liegt, ist einfach stabförmig. Man muß *Mimanomma* mit der verwandten Gattung *Dorylostethus* (in Südafrika bei *Dorylus helvolus* L.) vergleichen, um das Tier als Endpunkt eines hochgradig hypertelischen mimetischen Prozesses zu verstehen.

Die Betrachtung von *Mimanomma* führt unmittelbar zu einer Berichtigung des anthropomorphen Begriffes „täuschende Ähnlichkeit“, der der ganzen Mimikryhypothese zugrunde liegt. Daß die Ameisen jenen kleinen Gesellen bei Prüfung mit den Fühlern „mit ihresgleichen verwechseln“, ist ausgeschlossen. Wenn sie ihn also trotz ihrer Raublust dennoch nicht bloß dulden, sondern als echten Gast pflegen, so wird das seinen psychologischen Grund darin haben, daß sein Tastgeruchsbild auf die blinden Wirte einen besonders anziehenden Eindruck macht, einen Eindruck, der zwar einerseits Elemente der Ähnlichkeit mit einer „befreundeten Ameise“ enthält, andererseits jedoch auch ganz absonderliche Verschiedenheiten, so daß *Mimanomma* für die sensorische Umwelt seines Wirtes eine Komplexqualität ganz eigener Art bedeutet. Die Verwechslungshypothese, nach welcher die Ameisen ihre Gäste des Mimikrytypus „mit ihresgleichen verwechseln“, erweist sich überhaupt als gänzlich unhaltbar<sup>2)</sup>. Dies gilt selbst für den Höhepunkt der Tastmimikry bei *Mimeciton*. Der kleine Käfer ist viel stärker punktiert

und viel feiner und dichter behaart als die betreffende Arbeiterform seines Wirtes, was dem feinen Fühlertastsinn von *Eciton* unmöglich entgehen kann; er ist zudem „ein viel zierlicheres Ameischen“ als sie selber und kann für sie deshalb wiederum nur ein „besonders anziehendes Etwas, eine Komplexqualität ganz eigener Art“ bedeuten, für die unsere menschliche Sprache keinen Ausdruck hat.

## V.

Nachdem ich in meiner Studie von 1925 (S. 107 bis 133) als Abschluß fast vierzigjähriger, von Jahr zu Jahr sich bereichernder Tatsachenkenntnis die *Gesetzmäßigkeiten der Mimikry bei dorylophilen Staphyliniden*, besonders aus der Unterfamilie der Aleocharinen, durchgearbeitet hatte, glaubte ich zum Verständnis der Tastmimikry bei Myrmecophilien überhaupt gelangt zu sein. Aber das war eine Selbsttäuschung. Auf Grund der mir am zahlreichsten vorliegenden dorylophilen und besonders der ecitophilen Vertreter des Mimikrytypus unter den Staphyliniden hatte ich zwar die *ecitonoiden*, bzw. die *doryloiden* Tastmimikry verstehen gelernt und ihre Gesetze erforscht. Ihr Formalobjekt ließ sich kurz ausdrücken als die „Geruchsform“ der Gäste, die in der Seitenansicht auch für unser Auge zutage tritt; dieses Ergebnis durfte jedoch nicht verallgemeinert werden. Nicht abstrakte Spekulationen, sondern ein neuer Fund meines eifrigen brasilianischen Korrespondenten P. Buck sollten mich darüber aufklären. Er entdeckte nämlich Ende September 1924 bei Porto Alegre im Nest einer Blattschneiderameise (*Acromyrmex lobicornis* Em., Fig. 16) mitten unter den Ameisen einen neuen, ziemlich großen Staphyliniden, der zur Unterfamilie der *Paederinae* gehört; ich beschrieb ihn als *Attaxenus horridus* (Fig. 15). Er vereinigt in sich eine hochgradige *Tast- und Gesichtsmimikry*, aber erstere ist grundverschieden von jener der Ecitongäste. Seine Seitenansicht zeigt keine Spur von Ähnlichkeit mit dem Profil des Wirtskörpers; dafür ist er gleich letzterem stachelborstig behaart und von höckeriger Skulptur; der herzförmige Kopf ist, von oben gesehen, das verkleinerte Abbild eines Attakopfes. Wie ist dieses Rätsel zu lösen?

Es war mir schon lange bei einer Reihe neotropischer Staphyliniden, die bei *Atta* (und der Untergattung *Acromyrmex*) leben, aufgefallen, daß sie ein Kleid von dicken, spitzen Borsten trugen und — bei einer Größe von über 5 mm — auch eine rauhe Skulptur der Flügeldecken zeigten<sup>1)</sup>. Sie unterschieden sich dadurch von zahlreichen anderen systematischen Verwandten, die gleich ihnen die *Attanester* bewohnen. Daß etwas besonderes mit ihnen los sei, ahnte ich wohl; aber ich wagte nicht, sie zum Mimikrytypus zu stellen, weil meine Vorstellungen über die Tastmimikry einseitig zugeschnitten waren auf die Ecitongäste. Das war

<sup>1)</sup> Siehe 1925, S. 125 ff. u. Taf. II. Fig. 5 a, b, c.

<sup>2)</sup> Siehe 1925, S. 125, 129, 177 ff.

<sup>1)</sup> Im Anhang von 1925 (S. 163f.) ist eine Übersicht derselben gegeben.

ein Denkfehler; denn das Prinzip der *Tastmimikry* besagt klar folgendes:

Die Ameisen erhalten bei Berührung des fremden Insekts mittels ihrer Fühlerspitzen einen Eindruck, der jenem ähnlich ist<sup>1)</sup>, den sie erhalten, wenn sie ihre eigenen Koloniegefährten mit den Fühlern berühren. Vom Geruchselement dieser Komplexqualität können wir aus den oben dargelegten Gründen absehen. Das Tastelement ist aber abhängig von zwei Hauptfaktoren: erstens vom zu untersuchenden Objekt und zweitens von der Untersuchungsmethode. Das nächste Objekt der Untersuchung ist stets das *Chitinkleid* des Fremden, das sehr verschiedenartig sein kann. Als Gegenstand der *Tastmimikry* wird es offenbar bestimmt durch die Ähnlichkeit mit dem eigenen *Chitinkleid*, welches gleichsam die Elle darstellt, nach welcher der Eindruck psychologisch bemessen wird. Ist das Chitinkleid kahl oder nur mit relativ dünnen, schmiegsamen Borsten besetzt, so können die prüfenden Fühler der *Oberflächenkurve* des Tastobjektes folgen und dadurch ein *Tastbild* erhalten, das dem *Profilbild* des nämlichen Gegenstandes für unser Auge entspricht. Dies trifft zu bei *Eciton* und überhaupt bei den *Dorylinen*, welche niemals starre Vorsprünge des Chitintegumentes besitzen. Also hatten wir die *ecitonoide* (bzw. die *doryloide*) *Tastmimikry* richtig eingeschätzt, indem wir als ihr Formalobjekt die Geruchsform der Gäste bezeichneten.

Wie ist es aber bei Ameisen, die ein Chitinkleid tragen, das mit Stacheln oder stachelartig steifen Borsten oder mit vorspringenden Höckern besetzt ist? Da können die tastenden Fühler wohl die Vorsprünge selber wahrnehmen, sie können auch zwischen ihnen bis auf die Körperoberfläche herabgleiten und deren Unebenheiten empfinden. Aber sie können bei der Untersuchung keine kontinuierliche Kurve beschreiben mit den Fühlerspitzen, weil diese aus ihrer Bewegungsrichtung fortwährend mechanisch abgelenkt werden durch die starren Vorsprünge des Integuments: darum kann das *Tastbild*, das sie — sowohl von ihresgleichen als von ihren Gästen — liefern, niemals ein *Profilbild* werden. Diese Verhältnisse treffen wir aber gerade bei den *Attini* in extremer Weise, und deshalb wird das Formalobjekt der *attoiden* *Tastmimikry* niemals die Geruchsform, sondern nur das Geruchskleid der Gäste sein, und dieses Kleid wird hauptsächlich bestimmt durch seine vorspringenden Elemente.

An erster Stelle ist es somit die verschiedene Oberflächenbeschaffenheit des Integuments von *Eciton* und von *Atta*, was den so großen Unterschied zwischen der *ecitonoiden* und *attoiden* *Tastmimikry* bedingt. An zweiter Stelle kommt noch hinzu die Verschiedenheit der instinktiven Untersuchungsmethode bei beiden Ameisengattungen. Die neotropischen *Eciton* und in noch höherem Grade die

<sup>1)</sup> Aber auch nur „ähnlich“. Siehe oben.

afrikanischen *Anomma* sind äußerst bewegliche, hastige, nervöse Gesellen, die auf ihren Jagdzügen in eiligem Lauf einherstürmen und dabei alles was ihnen begegnet, mit den Fühlern prüfen. Dies geschieht, ihrer Bewegungsweise entsprechend, meist von der Seite; und dabei muß ihnen das Hinterende des Objektes, das sie im Vorbeilaufen

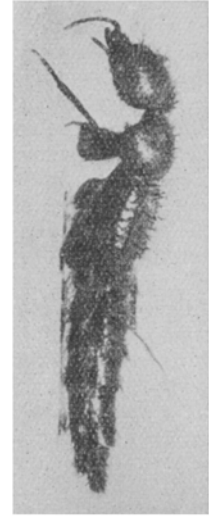


Fig. 15.

Fig. 15 a.

Fig. 15. *Attaxenus horridus* Wasm. 10×. Bei *Acromyrmex lobicornis* Em. Brasil.

Fig. 15 a. Seitenansicht desselben.



Fig. 16. *Acromyrmex lobicornis* Em. ♂. 10×1.

prüfen, mehr auffallen als das Vorderende, da ersteres ihnen zuletzt entschlüpft. Die *Atta* hingegen sind vergleichsweise ruhige, phlegmatische Gesellen, die das fremde Insekt, das ihnen in oder vor dem Nest begegnet, auf sich zukommen lassen und es dann, von vorn beginnend, mit den Fühlern prüfen. Dabei ist ihnen der Kopf die Hauptsache, der Schwanz die Nebensache; denn sie erkennen sich ja auch untereinander als Koloniegemeinschaft oder als Fremdling hauptsächlich durch Be-



rührung des Kopfes des Partners, wie wir es an unseren einheimischen Ameisen ebenfalls zu sehen gewohnt sind.

Vergleichen wir nun auf dieser psychologischen Grundlage die Gäste des Tastmimikrytypus bei *Eciton* (und *Dorylus-Anomma*) einerseits und bei *Atta* (und *Acromyrmex*) andererseits. Bei den *Eciton*- und *Dorylus*-Gästen finden wir nicht bloß, daß das Tastbild dem Profilbild entspricht, sondern auch, daß an diesem Bild das Hinterende sorgfältiger ausgeführt ist als das Vorderende. Mit der steigenden Vollkommenheit der ecitonoiden (bzw. doryloiden) Tastmimikry nimmt der breit aufsitzende, schlanke, spitz kegelförmige, oben flache oder schwach ausgehöhlte Hinterleib der Aleocharinen immer mehr die Form eines gestielten Eies oder einer gestielten Kugel an. Wir sehen dies an *Dorylogaster*, *Dorylomimus* (Fig. 13), *Dorylostethus* und *Mimanomma* (Fig. 14) in Afrika, wie an *Ecitomorpha*, *Ecitophya* (Fig. 10) *Ecitophytes* (Fig. 9) und *Mimeciton* (Fig. 3) in Brasilien. Dagegen bleibt die Formähnlichkeit des Gastkopfes mit dem Wirtskopf eine viel geringere, abgesehen davon, daß auf dem Höhepunkt der Tastmimikry die Fühler des Gastes die Form der Wirtsfühler annehmen, was jedoch nicht mit der passiven, sondern mit der aktiven Mimikry zusammenhängt. Bei den *Attagästen* des Tastmimikrytypus finden wir nicht bloß keine Nachahmung des Körperprofils des Wirtes, von dem nur die Vorsprünge des Chitinkleides nachgeahmt werden, sondern in dem Nachbild ist auf den Kopf viel größere Sorgfalt verwandt als auf den Schwanz! Darüber kann uns am besten der höchste Vertreter der attoiden Mimikry *Attaxenus horridus* (Fig. 15) Aufschluß geben. Seine Hinterleibsform unterscheidet sich kaum von jener der freilebenden verwandten Paederinen (*Stilicus* usw.), ja sie ist sogar noch weniger gewölbt und deshalb weniger „ameisenähnlich“ als bei diesen. Dafür ist der Kopf das verkleinerte Abbild des herzförmigen Attakopfes — aber nur von oben gesehen! Warum das? Weil die Wirtsameisen hauptsächlich den Kopf des Käfers mit ihren Fühlern prüfen und bei diesem Examen nicht auf starre, die Bewegungsrichtung der Fühler spitzen ablenkende Borsten stoßen. Der Kopf von *Attaxenus* ragt ja nach vorn vor und ist zwar lang und dicht, aber ziemlich fein abstehend behaart, nicht mit Stachelborsten versehen wie der übrige Körper. Somit kann auch die Form des Kopfes mittels der Fühler spitzen wahrgenommen werden. Durch den Vergleich mit *Ecitolytus*, einem Synechthren des Trutztypus, der bei *Eciton quadriglume* lebt, ließ sich auch zeigen (1925, S. 160), daß die Ausrandung des Hinterkopfes bei *Attaxenus* und bei *Ecitolytus* eine verschiedene biologische Bedeutung besitzt, bei ersterem eine imitative, bei letzterem eine protektive. Daß ebenso wie das stachelborstige Körperkleid, so auch die höckerige Skulptur der Flügeldecken von *Attaxenus* in den Bereich der attoiden Tastmimikry fällt, wurde bereits oben erwähnt.

Was uns jedoch bei diesem Mimikrytypus auffällt, ist, daß die habituelle Myrmecoidie der Gestalt, die den selbständig lebenden Verwandten (*Stilicus*, *Scopaeus* usw.) dadurch zukommt, daß ihr Halsschild nach vorn kegelförmig verengt ist und durch einen mehr oder weniger langen, dünnen Hals (s. z. B. *Echivaster*) mit dem Kopf sich verbindet, durch die Tastmimikry vollkommen weggefallen ist. Jene Myrmecoidie war eben keine „echte Mimikry“, sondern eine bloße „Pseudomimikry“, die wohl dem Auge des Entomologen imponieren kann, nicht aber den Fühlern der Ameise. Bei *Attaxenus* ist der Hals nur sehr kurz und der Prothorax stark verbreitert, ganz abweichend von der Thoraxbildung der übrigen *Paederinae*.

Die Gesichtsmimikry von *Attaxenus* steht auf derselben Höhe wie jene von *Ecitophya* und *Ecitophytes* unter den Ecitongästen, d. h. die Färbung der gleichgroßen Arbeiterform des Wirtes wird vollkommen genau nachgeahmt. Daß die Skulpturähnlichkeit mit dem Wirtskleid nicht auf Rechnung der Gesichts- sondern der Tastmimikry bei beiden kommt, wurde bereits oben bemerkt. Es ist übrigens merkwürdig, daß *Attaxenus*, der bei einer Ameise mit gut entwickelten Netzaugen lebt — die gleichgroßen, 6–7 mm langen Arbeiter haben nach meiner Zählung 200–250 Facetten an jedem Auge — es in der Gesichtsmimikry nicht höher bringen konnte als Gäste von *Eciton*, die an Stelle der Netzaugen nur äußerst kleine einfache Ocellen besitzen. Die Färbungsähnlichkeit ist bei beiden gleich hoch; die Formähnlichkeit mit dem Wirt ist aber bei beiden nicht Gegenstand der Gesichts-, sondern nur der Tastmimikry — mag nun die betreffende Wirtsameise ganz blind sein oder einfache Seitenocellen oder facettenreiche Netzaugen haben!

Es lag nun nahe, die Gesetze der Mimikry in eine knappe, leicht übersichtliche Formel zu bringen, wie man dies auch auf anderen Gebieten versucht hat<sup>1)</sup>. In Gestalt von Funktionen dargestellt, lassen sich die betreffenden biologischen Verhältnisse in prägnanter Kürze charakterisieren, obwohl die „Mimikrygleichungen“, die man auf diesem Wege gewinnt, keinen mathematisch-exakten, sondern bloß einen allegorisch-heuristischen Wert besitzen. Im Anhang meines Buches „Die Ameisenmimikry“ (S. 161ff.) wurde dieser Versuch wenigstens angedeutet. Wenn wir die Tastmimikry mit *tm* bezeichnen, den Fühlersinn der Wirtes mit *fw* und ihr Kleid mit *kw*, so erhalten wir die Gleichung:

$$tm = F(fw + kw).$$

Hier springt sofort in die Augen, daß der für die Verschiedenheit der attoiden von der ecitonoiden Tastmimikry eigentlich ausschlaggebende variable Faktor nicht, wie man erwarten sollte, *fw*, sondern *kw* ist. In ähnlicher Weise lassen sich auch die

<sup>1)</sup> Siehe z. B. F. ALVERDES im Zool. Anz. 60, 294ff. 1924. Von mathematischen Regeln wie bei den Mendelschen Vererbungsgesetzen kann hier natürlich keine Rede sein.

kombinierte Tast- und Gesichtsmimikry und die Mimikry überhaupt in kurze Formeln fassen, welche den Vorteil haben, daß sie zum Vergleich mit ähnlichen Verhältnissen durch Auswechslung der Faktoren gleichsam drängen und dadurch den Überblick über die Gesetzmäßigkeiten, die der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zugrunde liegen, für unseren Geist erleichtern. Selbst auf die Gefahr hin, daß manche der so geschaffenen Kom-

binationen bei näherer Prüfung sich als irrtümlich erweisen und verbessert werden müssen, halte ich derartige Versuche keineswegs für eine unnütze Spielerei. Denn sie sind der erste Schritt zu einer exakten kausalen Kenntnis der Anpassungsverhältnisse, von der wir ja noch meilenweit entfernt sind. Ich ziehe jedenfalls eine erst unsicher tastende Forscherarbeit einer rein negativen Kritik an der Mimikrytheorie vor. *Errando discimus, non negando!*

## Besprechungen.

HAAS, ARTHUR, *Atomtheorie in elementarer Darstellung*. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1924. VIII, 204 S. und 56 Abb. 16 × 24 cm. Preis geh. 5,40, geb. 6,80 Goldmark.

Eine neuerscheinende zusammenfassende Darstellung der modernen Atomtheorie können wir nur richtig bewerten, wenn wir sie in Parallele stellen zu A. SOMMERFELDS bekanntem Buche *Atombau und Spektrallinien*. Dieses wandte sich bekanntlich in seiner ursprünglichen Form an den weiteren Kreis aller naturwissenschaftlich interessierten Leser, hat aber in seinen schnell aufeinander folgenden neuen Auflagen durch stets wachsende eingehende Behandlung der komplizierten Gesetzmäßigkeiten in den Spektren einen Umfang angenommen, der zwar von den Physikern freudig begrüßt wird, aber andererseits zur Folge hat, daß der nicht so speziell interessierte Leser für seinen Appetit leicht zu viel des Guten findet. So muß man also im Interesse der Leser, die, ohne in die vielfachen Einzelheiten eindringen zu wollen, einen Überblick über das Gebiet der Atomtheorie zu gewinnen wünschen, das Erscheinen des Buches von ARTHUR HAAS unbedingt begrüßen und man kann auch wohl sagen, daß es dem Verfasser gelungen ist, sein Ziel, die Grundideen und wichtigsten Ergebnisse der modernen Atomtheorie kurz und doch übersichtlich in elementarer Weise darzustellen, zu erreichen. Auf nur rund 200 Seiten werden tatsächlich alle Teilgebiete der Atomtheorie behandelt und zwar stets bis zu den neuesten Ergebnissen vordringend. Die Art der Darstellung ist klar und schließt sich in vieler Hinsicht an das SOMMERFELDSche Buch als Vorbild an, ohne aber doch den Charakter einer selbständigen Leistung zu verlieren. Bei dem Umfang von 200 Seiten war es natürlich nicht zu vermeiden, daß der Verf. sich Beschränkungen auferlegte. Diese bestehen nun aber nicht nur in der Weglassung mancher Einzelheiten, was sicher richtig ist, sondern leider auch in dem Verzicht auf eine kritische Einstellung den grundlegenden Problemen und den Ergebnissen der Forschung gegenüber. Das Buch enthält zwar eine sehr vollständige Übersicht über den derzeitigen Stand der Forschungsergebnisse und der Vorstellungen, mit Hilfe deren wir dieselben zur Zeit zu verstehen uns bemühen, aber alle die großen Schwierigkeiten, mit denen diese Vorstellungen auch heute noch zu kämpfen haben, z. B. das Problem der Struktur der Strahlung, werden kaum erwähnt. Der Leser gewinnt dadurch leicht den Eindruck, als ob die Vorstellungen, die der Darstellung zugrunde gelegt werden, einen viel höheren Grad von Sicherheit besitzen als das in Wirklichkeit der Fall ist. Wenn z. B. bei der Besprechung des BOHRschen Wasserstoffatoms nicht darauf hingewiesen wird, daß die Annahme der strahlungslosen Bewegung des Elektrons in den Quantenbahnen in schroffem Gegensatz zur klassischen MAXWELLSchen Theorie eingeführt wird, so ist dies eine Unterlassungssünde, die nicht dadurch wett-

gemacht werden kann, daß fast am Ende des Buches bei Besprechung des Magnetismus der Widerspruch zwischen der BOHRschen Atomtheorie und der MAXWELLSchen Theorie kurz erwähnt wird. Wie großen Wert die Lehrenden gerade auf die Betonung dieser grundlegenden Schwierigkeiten legen müssen, beweist besonders kraß die Antwort des Studenten im Examen auf die Frage: „Was ist das Licht?“ Die Antwort lautete: „Licht ist, wenn ein Elektron von einer Quantenbahn zur anderen springt.“ Dies Beispiel zeigt unseres Erachtens aufs deutlichste die Gefahren, die aus einer nicht genügend kritischen Darstellung der Atomtheorie entspringen. Wir sehen also den Hauptwert des Buches in der kurzen und doch sehr vollständigen Darstellung der Forschungsergebnisse. Dem Leser, der sich darüber einen Überblick verschaffen will, kann das Buch trotz der erwähnten Mängel empfohlen werden.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

HAAS, A., *Einführung in die theoretische Physik mit besonderer Berücksichtigung ihrer modernen Probleme*. Bd. II, 3. und 4. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1924. IV, 379 S. und 72 Abb. im Text und auf 2 Tafeln. 16 × 24 cm. Preis geh. 8,50, geb. 10 Goldmark.

Der erste Band dieser Neuauflage des HAASSchen Buches wurde in dieser Zeitschr. 12, 410. 1924 besprochen. Er erhielt Mechanik, Elektrodynamik und Optik. Der vorliegende Band befaßt sich mit Atomtheorie, Theorie der Wärme und Relativitätstheorie. Er zerfällt also in 3 recht verschiedenartige Teile, von denen der erste etwa doppelt so lang ist, wie die beiden andern. — Das HAASSche Buch sucht Kontakt mit dem modernen Stand der physikalischen Forschung. Die „Einführung“ in den Gegenstand kommt dabei, wie schon früher bemerkt wurde (s. a. die Besprechung der ersten Auflage in dies. Zeitschr. 9, 776. 1921), notgedrungen zu kurz, aber leider hat man auch bei der Darstellung der höheren Teile gelegentlich den Eindruck, daß der Verfasser schneller vorwärts drängt, als es mit einem vollen Erfassen des Stoffes seitens eines lernenden Lesers verträglich ist. Der Wunsch, möglichst viel auf möglichst kleinem Raum zu bringen, ist gewiß begreiflich, aber ich weiß nicht, ob nicht weniger mehr wäre. Ich selbst liebe, wenn Kürze verlangt wird, eine knapp zusammengedrückte, repertoriumähnliche Darstellung, die natürlich nicht zur Lektüre, sondern zum Selbststudium dient und nicht den Anschein erweckt, als könnte man schon aus den gebotenen Gedankengängen des Textes zum inneren Verständnis des Gegenstandes gelangen. Man weiß dann, daß ohne intensive eigene Mitarbeit unter Verfolgung der gebotenen Literaturhinweise, kein wirkliches Verstehen möglich ist, und kann sich einen bewußt unvollständigen und flüchtigen Überblick über ein unbekanntes oder vernachlässigtes Gebiet nach eigenem Bedarf aus der Darstellung herausuchen. — Von dieser Art ist das