

Physiologische Grundlagen zum Anlocken und Fangen von Insekten

Autor(en): **Wiesmann, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society**

Band (Jahr): **40 (1967-1968)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-401529>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Physiologische Grundlagen zum Anlocken und Fangen von Insekten¹

von

R. WIESMANN
Binningen-Basel

Herrn Prof. Dr. A. Portmann zum 70. Geburtstag gewidmet.

Fast jeder, der sich mit Insekten befasst, sei es als Sammler, reiner oder angewandter Entomologe, kommt hie und da in die Lage, Insekten zum Fange anzulocken. Das Anlocken von Insekten kann demnach sehr verschiedenen Zwecken dienen und mannigfaltige Gründe haben.

Beim Anlocken von Insekten zum Zwecke des Fanges appelliert man an bestimmte Sinne oder auch an Sinneskombinationen, um die Insekten an bestimmte, von uns gewollte Orte hinzuführen. Demzufolge basieren wir hier auf den Prinzipien der Sinnesphysiologie im weitesten Sinne. Wie wir sehen werden, sind es die folgenden Sinne, an die wir uns mit unsern Anlockmethoden wenden :

1. Geruchs- und Geschmackssinn, zusammengefasst als chemischer Sinn
2. Gesichtssinn
3. Tastsinn
4. Feuchtigkeitssinn
5. Wärmesinn

Zum Anlocken benützen wir bestimmte Reize, die auf die Insekten attraktiv wirken sollen. Nun aber besitzen die Insekten wie alle andern tierischen Organismen die Möglichkeit, ihre Sinnesorgane als Werkzeuge zu benützen. Sie müssen in einer bestimmten Stimmung sein, um einem Reize zu folgen, z. B. um phototaktisch oder thigmotaktisch zu reagieren. Insekten in Frassstimmung reagieren anders als solche in Eiablagestimmung. Sie sind auch, wie andere tierische Organismen imstande, einen zur Unzeit sich einstellenden Reiz zu ignorieren, sich also so zu verhalten, als sei er gar nicht vorhanden. Sie können auch von mehreren Reizen, die sie gleichzeitig treffen, sich denjenigen aussuchen, der ihrer momentanen Stimmung zusagt. Sie sind endlich

¹ Einführungsreferat im Kolloquium über Fangtechnik von Insekten und Auswertung der Fangresultate, S.N.G. Solothurn 1966.

auch in der Lage, den gleichen Reiz auf ganz verschiedene Weise zu beantworten.

Diese allgemeinen Tatsachen und physiologischen Gesetze müssen wir bei der Anlockung der Insekten berücksichtigen und bedenken.

Wir wollen nun sehen, was wir mit den einzelnen Sinnesleistungen für unsere Zwecke anfangen können und welche und wie sie bei den gebräuchlichen Methoden zum Anlocken und Fangen von Insekten bereits Verwendung finden.

Das Anlocken durch den Geruchs- und Geschmackssinn

Die Insekten sind neben den Wirbeltieren die einzige Tiergruppe, die nachweislich eine Trennung ihres chemischen Sinnes in einen Geruchssinn und einen Geschmackssinn besitzen. Besonders wichtig für unsere Zwecke ist der *Geruchssinn*. Die Insekten sind ja in überwiegender Mehrzahl Geruchstiere. Mit Hilfe des Geruchssinns finden sie Nahrung, Geschlechtspartner und Eiablageplätze. Der Geruchssinn der Insekten ist hauptsächlich in den Antennen lokalisiert und er ist ein typischer Fernsinn. Bei vielen Insekten tragen aber auch die Palpen olfaktorische Sinnesorgane. An der Spitze der Palpen der Schmetterlinge z. B. finden sich reich mit Sinnesorganen ausgestattete Geruchsgruben. Der Geruchssinn von Pieriden z. B. wird nur um die Hälfte reduziert, wenn die Antennen amputiert werden. *Periplaneta* und *Gryllus* können ihre Nahrung auch ohne Antennen, nur mit Hilfe der olfaktorischen Organe an den Palpen finden.

Dass die Antennen in der Regel die wichtigsten und meist auch alleinigen Geruchsorgane sind, ergibt sich schon aus rein morphologischen Betrachtungen. Insekten, die sich hauptsächlich optisch orientieren, wie z. B. die Libellen, besitzen sehr kleine Fühler. Sie sind in der Regel schlecht durch Geruchsstoffe anzulocken. Andere, die mit Hilfe des Geruchssinns besondere Leistungen vollbringen, wie das Aufsuchen ihrer Weibchen, zeigen eine übermässige Entwicklung ihrer Fühler. Zahlenmässig ist auch leicht festzustellen, dass die Zahl der Geruchssinneszellen deutlich von der Ernährung abhängig ist, wie dies LIEBERMANN (24) sehr schön für die höheren Dipteren zeigen konnte. Fliegen, die Blüten besuchen und sich vorzugsweise optisch orientieren, haben bedeutend weniger Sinneszellen an ihren Fühlern als Aas- und Dungfresser. Ein paar Zahlen hiezu. Blütenbesucher weisen 1500 bis 2000 Sinneszellen als Flächenkegel und in Gruben auf, Kot- und Aasbesucher dagegen bis zu 6500. Blütenbesucher lassen sich in der Regel schlecht durch Geruchsköder anlocken, Kot- und namentlich Aasbesucher dagegen sind relativ gut durch entsprechende Geruchsstoffe zu ködern.

Die olfaktorischen Rezeptoren besitzen durchgehend einen niedrigen Erregungsspiegel, weshalb sie auch sehr empfindlich sind, während dem die Geschmacksrezeptoren durch einen relativ hohen Erregungsspiegel sich auszeichnen.

Eine Orientierung durch den Luftstrom im Geruchsfeld ist nach LIEBERMANN mit Sicherheit bei den Fliegen anzunehmen. Bei den Musciden z. B. sitzen die Geruchsorgane nur am letzten Fühlerglied, dem Flagellum, frei oder in besonderen Gruben. Diese Geruchsgruben sind richtige, zusammengesetzte Geruchssinnesorgane und ihr Bau weist klar darauf hin, dass sie dazu eingerichtet sind, den Geruch hauptsächlich aus einer Richtung wahrzunehmen. Die Öffnungen aller Geruchskegel sind nach der Spitze des Fühlers gerichtet. Hiemit steht im Zusammenhang, dass die Fliege, sobald sie sich zum Fluge anschickt, ihre Fühler aufrichtet. In dieser Lage sind die Gruben alle gegen den Luftstrom gerichtet und so können sie auch die Geruchsmoleküle auffangen und sozusagen ausschöpfen.

Beim Anlocken und Fangen von Insekten mit Hilfe des Geruchssinnes werden bekanntlich Köderfallen ausgelegt, deren Köder bestimmte Geruchsstoffe ausströmen. Bei der Verwendung von Lockstoffen muss man besonders berücksichtigen, dass sich das Verhalten der Insekten innerhalb ihres Imaginallebens ändert oder ändern kann. Frischgeschlüpfte Weibchen, z. B. von Fliegen, benötigen zur Entwicklung ihrer Ovarien eine Reihe von Stoffen, besonders Proteine, die sie an Mist, Fäkalien, Mull, Aas usw. finden. Zum Betriebsstoffwechsel brauchen sie hauptsächlich Kohlehydrate, die sie auf Blüten suchen. Die legereifen Weibchen endlich sind bestrebt, ein zur Entwicklung der Larven geeignetes Substrat zu finden, um darin ihre Eier abzulegen. Die Fliegen und auch andere Insekten können demnach in den einzelnen Phasen ihres Imaginallebens auf ganz verschiedene Geruchsstoffe reagieren.

Eine ausführliche Liste von Lockstoffen für die verschiedensten Insekten hat DETHIER (7) 1947 zusammengestellt. Es ist nicht beabsichtigt sie hier wiederzugeben, sondern ich möchte aus neuern Studien und eigenen Resultaten die folgenden, uns interessierenden Angaben machen.

Die anlockenden Geruchsstoffe zeigen immer eine enge biologische Bindung zu den betreffenden Insekten, wenn dieselbe auch nicht immer für uns sehr klar ersichtlich ist. Diese Stoffe sind, wie sich DETHIER treffend ausdrückt, *Wegweiser*, die das Insekt irgendwie leiten. Sie werden von dem betreffenden Insekt in der Regel nicht gefressen.

Insekten, die Dung oder andere faulige Stoffe, wie Aas etc. fressen oder ihre Brut darin ernähren, lassen sich vom Geruch von allen möglichen Zersetzungsprodukten mehr oder weniger gut anlocken. So werden die Käfer der Gattung *Geotrupes*, *Necrophorus* und *Cerophilus*, sowie die Fliegen *Sarcophaga*, *Lucilia* u. a. von Skatol und Ammoniak angezogen, vielfach auch von Indol, Mercaptan etc. Nach PETERS (31) besonders von Äthylmercaptan, mit dem er grosse Mengen von legereifen *Lucilia*, *Phormia*, *Ophyra* und *Sarcophaga* Arten fing.

Ammoniak scheint für viele Fliegen, besonders auch für die Fruchtfliegen der Gattungen *Dacus*, *Ceratitis*, *Rhagoletis* etc., ein wirksamer Ködergeruch darzustellen, der konstant in geringen Mengen aus Pro-

dukten der Hydrolyse von Eiweisssubstanzen, aus Ammoniumsulfat, Ammoniumstearat etc. abgegeben wird. Die biologische Bedeutung dieses Lockstoffes ist, besonders bei den Fruchtfliegen, nicht ohne weiteres zu erkennen. Der Duftreiz wird von beiden Geschlechtern beantwortet, vom Weibchen aber meist stärker. Nach den eigenen Untersuchungen an der Kirschenfliege (40) und auch an unserer Stubenfliege, die ebenfalls stark auf Ammoniak anspricht, steht die Lockwirkung des Ammoniak im Zusammenhang mit dem Nahrungserwerb beider Geschlechter und zwar zur Erlangung von Eiweiss oder Eiweissbausteinen, die besonders die Fliegenweibchen zur Eireifung unbedingt benötigen. Ammoniak entsteht bei der Zersetzung von Eiweiss und deutet als Wegweiser auf das Vorhandensein desselben hin.

Ammoniak abspaltende Substanzen locken aber aus demselben Grunde auch andere Insekten in grossen Mengen an, wie Skorpionsfliegen, dann auch Eulen und Hummeln etc. (40). Stickstoffhaltige Stoffe benötigen die meisten Insekten zum Aufbau ihres Körpers, zuckerhaltige Stoffe zum Betriebsstoffwechsel. Beide Stoffquellen sind zur Ernährung sehr gesucht.

Ganz andere Stoffe locken solche Insekten an, die sich oder ihre Brut von pflanzlichen Stoffen ernähren. Hier wirken lockend besonders Gärprodukte und Inhaltsstoffe von Pflanzen.

Eine besonders gute Lockwirkung für die beiden Traubenwicklerfalter erhält der Tresterweinköder, wenn man demselben neben Zucker und Weinessig Williahefen zusetzt, die durch eine langsame Gärung lange Zeit starke Duftstoffe abgeben (36).

Nach DÖHRING (8) trifft dies auch für die Wespenfallen zu, gefüllt mit gärenden Fruchtsäften. Es liessen sich so grosse Mengen von *Vespa vulgaris*, *V. germanica*, *V. saxonica*, *V. sylvestris* und *V. crabro*, sowie auch Bienenwölfe fangen.

Die auf dem Raps lebenden Insekten, alle bei uns vorkommenden *Phyllotreta*arten, einige *Psylliodes*arten, dann der Rapsglanzkäfer und die beiden Rapsrüssler *Ceutorhynchus assimilis* und *quadridens* lassen sich nach GÖRNITZ (12) in grossen Mengen anlocken durch Senföle und zwar besonders durch Crotyl- und Allylsenföle. Die Reizschwelle für den Duft dieser Senföle und die Sphäre ihrer Orientierung muss nach GÖRNITZ für die genannten Cruciferen-Insekten auf einem sehr tiefen Niveau liegen, viel tiefer als dass wir diese Lockstoffe mit unserm Geruchssinn noch wahrnehmen können.

Drahtwürmer der Gattung *Agriotes* reagieren sehr stark auf Asparagin, dann auch auf Guanidin und Arginin, Aminosäuren, die oft durch geschädigte Wurzeln in den Boden abgegeben werden. Eine klinokinetische Reaktion der Larven gegenüber solchen Substanzen hält die Larven in der Umgebung der Pflanzen fest. Auf Asparagin reagieren die Larven mit starken Frassbewegungen der Mundwerkzeuge (37). Es ist sehr wohl möglich, dass das Fangen der Drahtwürmer im frisch umgebrochenen Wiesenboden mit halbierten, flach in den

Boden eingegrabenen Kartoffeln zum Teil auf der lockenden Wirkung dieser Aminosäuren beruht. Daneben ist aber auch von den Pflanzenwurzeln abgegebenes CO₂ für Drahtwürmer und andere Bodeninsekten nach KLINGLER (23) von starker Anziehungskraft.

BECKER (3) stellte fest, dass beim Hausbock *Hylotrupes bajulus* gewisse Derivate des Terpentins, das Pinen und das Nopinen attraktiv wirken. Dasselbe gilt vom Mulmbock *Ergates faber*. Durch diesen Duftstoff wird bei diesem Käfer sogar der phototaktisch bedingte Tagesrhythmus aufgehoben, indem der Pinenduft die Käfer aus ihren Tagesverstecken herauslockt. Die Weibchen beginnen zudem sofort mit der Eiablage, während sie sonst am Abend zunächst lange suchend umherlaufen.

KAUTH und MADEL (21) fanden, dass die Methylester der Linol-fettsäure im Freiland bei Konkurrenz der natürlichen Frasspflanzen des braunen Fichtenrüsselkäfers *Hylobius abietis*, mindestens so wirksam sind wie die natürlichen Lockstoffe der Pflanze und zudem auch eine längere Dauerwirkung aufweisen als diese. Es gelang den Autoren durch diesen Lockstoff den Käfer in grossen Mengen zu fangen.

Diese Beispiele, bei denen die Duftstoffe wiederum Wegweiser sind und in der Hauptsache zur Nahrung führen, liessen sich noch vermehren. Durch sie sollte nur gezeigt werden, dass wir mehr und mehr in der Lage sind, auf Grund eingehender sinnesphysiologischer Forschungen Lockstoffe von guter Wirksamkeit zu finden und unter Umständen auch praktisch auszuwerten, wie dies bereits bei *Hylobius abietis* der Fall ist.

Eine besondere Kategorie der anlockenden Duftstoffe bilden die von GÖRNITZ (11) als *Attraktivstoffe* bezeichneten Substanzen. Sie unterscheiden sich von den meisten allgemeinen Duftstoffen, die nur in bestimmten Konzentrationen anlockend, darunter nicht und darüber abstossend sind, dadurch, dass sie sowohl in niedrigen wie auch in höchsten Konzentrationen und Mengen in gleicher Weise wirken. Ihre Anziehungskraft kann auch nicht von andern Duftstoffen überlagert oder verdeckt werden. Einmal im Wirkungsbereich dieser Attraktivstoffe können sich die Insekten in der Regel der Wirkung nicht mehr entziehen und sie führen dann zwangsläufig bestimmte Reaktionen aus.

Ein solcher Attraktivstoff ist das *Cantharidin*, dessen geradezu unwahrscheinliche Lockwirkung auf einige Insekten von GÖRNITZ (11) erstmals festgestellt wurde. Auffallend ist, dass es sich beim Cantharidin um einen für die menschliche Nase so gut wie geruchlosen Stoff handelt. Trotzdem wird er von den canthariphilen Insekten, dem Käfer *Notoxus monocerus*, den beiden Dipteren *Anthomyia pluvialis* und *Artrichopogon brunipes*, sowie der Braconide *Perilitus plumicornis* schon in ausserordentlicher Verdünnung mit Hilfe des Geruchsinns wahrgenommen. Die Wirkung des Cantharidin ist so ausserordentlich gross, dass 1 Gamma Substanz noch aus einer gewissen Entfernung angefliegen wird. Das Cantharidin dient im Leben der canthariphilen

Insekten als Leitstoff bei der Auffindung von Nahrung und Eiablageplätzen.

Die Attraktivwirkung des Cantharidin ist nach eigenen Versuchen ganz unglaublich. Vor Jahren habe ich in meinem Garten eine mit geringen Mengen Cantharidin versehene Filterpapierrondelle ausgelegt. In ganz kurzer Zeit fanden sich auf derselben und in ihrer nächsten Nähe *Anthomyia pluvialis* in steigender Menge. Nach einer halben Stunde zählte ich deren 116 plus 38 *Notoxus monocerus* und 3 Braconiden, alles Insekten, die ich bis anhin nie beachtet hatte.

Zu den Attraktivstoffen gehören auch die sog. *Sexualduftstoffe* (15). Es ist allgemein bekannt, dass die Männchen vieler Schmetterlingsarten brünstige Weibchen ihrer Art auf grosse Entfernung hin aufsuchen, angelockt durch die Sexualduftstoffe der Weibchen. Bei den Schmetterlingen liegt die Sexualduftdrüse der Weibchen in der Intersegmentalfalte zwischen dem 8. und 9. Abdomensegment und sie kann als Ganzes nach aussen vorgestülpt werden. Die bei vielen Schmetterlingsmännchen vorhandenen Sexualduftorgane dienen wahrscheinlich zur Steigerung der sexuellen Erregung der Weibchen. Diese Düfte sind, im Gegensatz zu den Sexualduftstoffen der Weibchen in der Regel auch von uns wahrnehmbar.

Die Anziehungskraft der weiblichen Sexualduftstoffe ist besonders bei Lasiocampiden, Bombyciden und Saturniden so gross, dass beim Flug zum Weibchen die schwierigsten Hindernisse überwunden werden. So wird z. B. berichtet (GÖTZ 14), dass Schmetterlingsmännchen sogar durch einen hohen Kamin in ein Zimmer gelangten, in dem sich ein brünstiges Weibchen befand.

Die ausserordentliche Reichweite der Sexualduftstoffe, besonders bei den Schmetterlingen, hat vielfach zur Annahme geführt, dass es sich dabei nicht um Geruchswahrnehmungen, sondern um irgendwelche, noch unbekannte Strahlung handle. Die Beobachtung, dass sich Männchen gegenüber brünstigen Weibchen, die sich in einem luftdicht geschlossenen Behälter befinden, völlig teilnamslos verhalten, scheint dieser Auffassung zu widersprechen. Immerhin hat die Theorie von BARTH (2), die in neuerer Form auch von CALLAHAN (6) aufgestellt wurde, sehr viel für sich. Darnach beruht die Wahrnehmung von Sexualduftstoffen auf grosse Distanzen auf der Tatsache, dass bei Stoffen, die zerfallen, Energie in irgendeiner Form frei wird. Bei Saturniden, bei denen die Männchen über viele Kilometer angelockt werden, muss die Verdünnung des Sexualduftstoffes so gross sein, dass auf diese Distanzen nur ab und zu ein Duftmolekül zum männlichen Geruchsorgan gelangen kann. Hier ist nun ein solcher Zerfall des Duftstoffes anzunehmen und es lässt sich die Vermutung anknüpfen, dass gar nicht das zu den Antennen diffundierende Duftmolekül den Reiz auslöst, sondern dass die durch den Zerfall freiwerdende Energie in nicht messbarer Intensität auf die Sinneseinrichtungen der Falter wirkt.

Durch mühevollen Arbeit ist es BUTTENANDT und Mitarbeitern (5) gelungen, den Sexualduftstoff von *Bombyx mori* rein kristallisiert in geringen Mengen zu gewinnen, zu analysieren und neuerdings auch zu synthetisieren. Es handelt sich hier um einen ungesättigten Alkohol mit der Bruttoformel $C^{16}H^{30}O^2$, der « Bombykol » genannt wird. Nach 30-jährigem Studium ist ebenfalls der Sexualduftstoff des Schwammspinners *Porthetria dispar* in den USA chemisch aufgeklärt und neuerdings (1960) auch synthetisiert worden. Das « Gyplur », ebenfalls ein ungesättigter Alkohol $C^{35}H^{65}O^4$, findet bereits für praktische Zwecke Verwendung (17). Von *Periplaneta americana* wurde der Sexualduftstoff vor einiger Zeit ebenfalls chemisch aufgeklärt. Es handelt sich um ein Dimethyl-Isopropyl-Cyclopropyl-Propionat (18).

Die ausserordentliche und spezifische Wirkung der Sexualduftstoffe liess den Gedanken aufkommen, sich dieser Stoffe bei der Bekämpfung schädlicher Insekten zu bedienen, wobei man folgende Überlegungen machte. Mit Hilfe des Sexualduftstoffes werden die Männchen vor der Erfüllung ihres Daseinszweckes zu einer Falle gelockt und vernichtet. Besonders wirksam wäre dies bei Protandrie, wie sie ja vielfach bei Schmetterlingen und andern Insekten auftritt. Die Weibchen bleiben durch das Abfangen der Männchen unbegattet und würden entweder keine oder nur unbefruchtete, nicht entwicklungsfähige Eier ablegen. Es ist schon versucht worden, Schwammspinner (17) Traubenwickler (14), die *Prodenia litura* der Baumwolle (43) und andere Arten mit den sog. Männchenfallen zu bekämpfen, indem man virgine Weibchen in Käfige einschloss und die anfliegenden Männchen auf Leimtafeln fing.

Bis anhin verliefen solche Anstrengungen nicht sehr ermutigend. Ob sich die Lage ändert, wenn die betreffenden Sexualduftstoffe synthetisiert und in beliebigen Mengen verwendbar sind, ist eine andere Frage.

Sexualduftstoffe findet man nicht nur bei Schmetterlingen, sondern auch in andern Insektengruppen. Man kennt ca. deren 300, doch ist über diese Frage noch relativ wenig bekannt. GEIGY und DUBOIS (10) wiesen beim Weibchen von *Sialis lutaria* ebenfalls einen Sexualduftstoff nach, der auf eine Distanz von mindestens 50 m wirkt. Nach LIEBERMANN (24) finden Männchen von *Lucilia caesar* ein verdeckt sitzendes, ihnen unsichtbares Weibchen mit absoluter Sicherheit.

Sexualduftstoffe kann man sicherlich auch für Sammelzwecke etc. auswerten. Es wäre zudem von grossem Interesse, wenn auch bei andern Insektengruppen das Problem der Sexualduftstoffe eingehender bearbeitet würde.

Und nun noch ein paar Worte zum GESCHMACKSSINN. Der Geschmackssinn ist bei der Anlockung der Insekten in den meisten Fällen von mehr sekundärer Bedeutung, indem er als Sinn für die Nahorientierung erst dann in Erscheinung tritt, wenn die Insekten durch Geruchs- oder andere Reize bereits angelockt sind und dann zu fressen

beginnen. Er ist aber insofern für uns wichtig, als er die angelockten Insekten für einige Zeit festhält. Dies gilt vor allem für die *Frassköder*.

Die Rezeptoren des Geschmackssinns liegen sehr verteilt am Insektenkörper. Eine Empfindlichkeit der Mundteile selbst, insbesondere der Labialtaster, wird man a priori wohl bei allen Insekten annehmen dürfen. Dass die Vordertarsen mancher Insekten Geschmacksfunktion besitzen, fand als erster 1921 MINNICH (26) bei gewissen Tagfaltern. Berührt man z. B. den Vordertarsus von *Pyrameis atalanta* mit einem Pinsel, der mit Zuckerlösung getränkt ist, dann erfolgt augenblicklich Entrollen und Vorstrecken des Rüssels, also ein Rüsselreflex. Auch viele Fliegen, wie *Calliphora*, *Lucilia*, *Musca* u. a. sowie manche Hymenopteren verhalten sich gleich.

Eine Geschmacksfunktion der Antennen ist ausser bei *Apis* und vielen Ameisen neuerdings auch bei einigen Noctuiden und andern Nachtfaltern festgestellt worden (46).

Der verschiedene Sitz der Geschmacksorgane hat sicherlich eine tiefere biologische Bedeutung. Die an den Tarsen gelegenen Rezeptoren und wahrscheinlich auch diejenigen an den Fühlern, können als Alarmorgane betrachtet werden, die das Tier auf das Vorhandensein einer Futterquelle, besonders einer geruchlosen, z. B. Zucker, aufmerksam machen. Sie stellen zudem eine wichtige Verbindung her zwischen dem als Fernsinn wirkenden Geruchssinn und dem Geschmackssinn der Mundteile, dem die Aufgabe zufällt, die Nahrung zu kontrollieren. Hiemit dürfte auch zusammenhängen, dass die Reizschwelle der Tarsen z. B. für Zucker oft um zwei Zehnerpotenzen tiefer liegt als diejenige der Mundorgane, wie dies z. B. bei der Stubenfliege der Fall ist (48).

Bedeutung des Gesichtssinns für das Anlocken der Insekten

Optisch reagieren die Tagtiere mit ihren Appositionsaugen in der Regel auf Farben und Bewegungen, die Nacht- und Dämmerungstiere mit den Superpositionsaugen hauptsächlich auf Licht, sowohl im Bereiche des sichtbaren Lichtes wie im für uns unsichtbaren U.V. Auf diesen Tatsachen basieren verschiedene Methoden des Anlockens und Fangens von Insekten.

Befassen wir uns zuerst mit dem *Farbensehen* und seiner Bedeutung für das Anlocken von Taginsekten.

Der Farbensinn bei den Insekten ist ohne Zweifel weit verbreitet, aber keineswegs überall zu finden. Eine Beziehung zur Biologie lässt sich nicht überall ersehen. Blütenbesucher, wie *Cetonia* können farbenblind sein (30), während Dungfresser, für deren Leben die Farben keine für uns ersichtliche Bedeutung haben, wie *Geotrupes* (33) einen gut entwickelten Farbensinn besitzen. Die biologische Bedeutung des Farbensinns liegt für diejenigen Insekten am klarsten, die zu ihrer

Ernährung auf den Besuch bunter Blüten angewiesen sind, wie die sozialen Hymenopteren, dann Schmetterlinge und viele höhere Fliegen.

Unter den für die Insekten interessanten Farben gibt es in vielen Fällen sog. *Präferenzfarben*, auf die die betreffenden Insekten besonders stark ansprechen, eine Eigenschaft, die man zum Anlocken und Fangen der betreffenden Tiere ausnützen kann. Auffallend stark vertreten ist die *Gelbpräferenz*.

Popillia japonica, der Japankäfer, reagiert nach Angaben aus den USA sehr stark auf Gelb, eine Tatsache, die beim Fallenfang des Käfers ausgenützt wird. In gelb angestrichenen Fallen fängt man bis dreimal mehr Käfer als in ungefärbten oder andersfarbigen Fallen (39). Hier konnte durch die Berücksichtigung der Farbenpräferenz die Fängigkeit der auf Geruchsstoffen basierenden Falle stark erhöht werden.

Etwas ganz ähnliches konnte GÖRNITZ (12) beim Rapsglanzkäfer feststellen. Der Käfer reagiert, wie wir bereits sahen, geruchlich auf Senfölderivate. Gleichzeitig besitzt er aber auch eine ausgesprochene Gelbpräferenz. Kombiniert man nun, wie im Falle von *Popillia japonica* den Geruchsköder mit Gelb, dann wird die Falle 3–4 mal fängiger als mit nur einer Lockkomponente. Die beiden Rapsrüsselkäfer dagegen reagieren praktisch nur auf den Geruch des Senföls, während sie auf Farben nicht ansprechen. Diese Unterschiede sind aus der Biologie der Käfer zu erklären. Der Rapsglanzkäfer benötigt zum Reifefrass Honig und Pollen, die er besonders gerne aus gelben Blüten sammelt, auch aus den gelben Rapsblüten, woher wahrscheinlich die ausgesprochene Gelbpräferenz stammt, währenddem die beiden Rapsrüssler keine Blütenbesucher sind und ausschliesslich auf Cruciferen leben und brüten.

Es ist anzunehmen, dass auch manche andere Insekten auf den ihnen adäquaten Attraktivreiz besonders gut in Verbindung mit bestimmten Farben reagieren. Bei diesem Anlocken von Insekten durch Geruch und Farbe usw. müssen wir uns zudem immer wieder vor Augen halten, dass die eine oder andere Komponente, die wir kennen, nur ein Teil des natürlichen Lockgeschehens darstellt, das wir ja nachahmen wollen, und dass daneben noch eine ganze Anzahl von Faktoren im Ablauf des natürlichen Anlockens vorliegen. Je besser wir das Ineinanderspiel der verschiedenen Lockfaktoren kennen, desto besser werden auch die Resultate des künstlichen Anlockens werden.

Auf Grund der Untersuchungen von MOERICKE (27, 28) wissen wir, dass auch fliegende Blattläuse in Befallsstimmung auf Farbenreize reagieren. Reines Gelb ist besonders wirksam und zwingt viele Tiere zum Landen. Grün wirkt schwächer, noch schwächer sind blau und violett. Weiss, Grau und Schwarz sind praktisch unwirksam. In gelben, mit Wasser gefüllten Schalen, sog. Gelbschalen, lassen sich viele Blattlausarten automatisch fangen. Die Attraktivwirkung solcher Gelbschalen ist bedeutend grösser als diejenige der Wirtspflanzen. MOERICKE (29) konnte durch einen einfachen Versuch nachweisen, dass bei den Blattläusen der Gelbreiz die, die Tätigkeit der Flugmuskeln auslösende

Erregung auslöscht. An einer Nadel angeklebte Blattläuse und auch Aleurodiden hören mit dem Flügelschlage auf, sobald man eine gelbe Fläche unter sie hält. Auch im Freien landen viele Blattläuse in der Gelbschale, weil sie sich über dem Gelb plötzlich fallen lassen.

Eine interessante Sammelmethode für Schwebfliegen entwickelte SCHNEIDER (34), ebenfalls basierend auf der Gelbpräferenz der Syrphiden. Die Methode besteht darin, dass an günstigen Stellen, besonders im Frühjahr, Gruppen von grossen gelben Papierblumen von 15 cm Durchmesser auf schwarzer Unterlage die Schwebefliegen anlocken, und durch den Zuckeranstrich der Attrappen festhalten. Zudem wurden die Attrappen mit einer zusätzlichen Duftquelle versehen. Wir haben also auch hier wieder eine kombinierte Lockwirkung, die neben der optischen Gelbwirkung an den Geruch und dann sekundär durch die Zuckergabe auch an den Geschmack appelliert, wodurch eine maximale Wirkung erzielt wird.

Die überdimensionalen gelben Papierblumen locken aber nach SCHNEIDER noch andere Insekten an, die dann leicht gefangen werden können, so an Fliegen Muscidae, Tachinidae, Sepsidae, Helomyzidae, alles an sich Blütenbesucher, die zudem im Imaginalstadium überwintern und daher früh im Jahr fliegen. Ebenso flogen an *Bombus*, *Vanessa urticae*, *Vanessa jo* und *Polygonia c-album*.

Eigene Versuche haben ebenfalls gezeigt, dass auch andere Dipteren, wie die Augenfleie *Musca autumnalis* (48) und auch die Möhrenfliege *Psila rosae* eine ausgesprochene Gelbpräferenz aufweisen. Beide kann man auf Weiden resp. in der Nähe von Möhrenfeldern mit gelben Tüchern oder gelben Leimtafeln anlocken und abfangen.

Die Frage, ob tatsächlich das Gelb, wie es unserm Auge erscheint für die Gelbpräferenz der Insekten verantwortlich ist und nicht etwa von unserm Auge nicht wahrnehmbare Ultrarot- oder Ultraviolett-Anteile, hat MOERICKE (29) für die Gelbschalen der Blattläuse beantwortet. Versuche mit Gelbschalen mit und ohne entsprechende Ultrarot- resp. UV-Filter zeigten, dass diese Strahlen bei der Lockwirkung der Gelbschalen keine Rolle spielen, die Blattläuse also auf den auch unserm Auge sichtbaren Teil des Spektrums ansprechen. Es ist wohl möglich, dass bei der Gelbpräferenz auch der andern Insekten gleiche Verhältnisse wie bei den Blattläusen vorliegen.

Die biologische Bedeutung der Gelbpräferenz hängt sicher mit dem Blütenbesuch, also dem Nahrungserwerb der betreffenden Tiere zusammen. Auffallend ist ja auch, dass besonders die meisten Frühblüher gelb sind, die dann von den ausgehungerten überwinterten Insekten gerne aufgesucht werden.

Bei entsprechenden Versuchen mit unserer Stubenfliege wurde nun festgestellt, dass sie interessanterweise eine ausgesprochene Rotpräferenz aufweist und Gelb praktisch nicht beachtet (44). Wegen der Rotpräferenz der Stubenfliege, wurden die zum Fang der Fliegen entwickelten sog. Fliegenteller rot angefärbt. Ein paar Bemerkungen zur

biologischen Bedeutung der Rotpräferenz der Stubenfliege seien hier angeführt. Schon bei den ersten einschlägigen Versuchen war es aufgefallen, dass viele Fliegen beim Besuche der verwendeten roten Fangtrichter eine sichtbare Erregung zeigten und dass sie die roten Trichter mit dem Rüssel betupften, was bei den andersfarbigen Trichtern nie oder nur sehr selten geschah. Besonders auffallend war dieses Verhalten bei hungerigen resp. durstigen Fliegen. Lässt man hungerige, entflügelte Stubenfliegen von einem neutralen Grau aus über verschiedenfarbige Glanzpapiere laufen, dann macht man die Feststellung, dass bis 80 % der Fliegen auf dem roten Glanzpapier einen Rüsselreflex zeigen, wobei die Fliegen stillstehen und das Glanzpapier sehr ausgiebig mit dem Rüssel bearbeiten, bevor sie weitergehen. Über das gelbe, blaue und grüne Glanzpapier laufen sie meist ohne zu rüsseln und auch ohne anzuhalten. Der optische Reiz des Rot erzeugt also bei den durstigen Fliegen einen Rüsselreflex mit nachfolgenden mehr oder weniger intensiven Frassversuchen. Weiter konnte gefunden werden, dass Wasser in Kombinationen mit dem optischen Eindruck von Rot von den Stubenfliegen in bedeutend grössern Mengen getrunken wird als von einer weissen Unterlage.

Die Rotpräferenz der Stubenfliege hat sicherlich eine Beziehung zum Nahrungserwerb, gleich wie die Gelbpräferenz der verwandten Dipteren. Warum nun für die Stubenfliege gelb gar nicht attraktiv ist, hängt möglicherweise damit zusammen, dass sie keine Blütenbesucherin ist und ihre Nahrung auf ganz andere Art und Weise sucht und auch findet als ihre freilebenden Verwandten. Ungeklärt scheint mir vorläufig immer noch, warum gerade Rot die Lieblingsfarbe der Stubenfliege darstellt, da ein Zusammenhang mit dem Nahrungserwerb nicht klar zu Tage tritt.

Wir müssen uns noch vor Augen halten, dass die Farbenpräferenz bei vielen Insekten im Verlaufe ihres Lebens ändern kann. JLSE (20) erbrachte den interessanten Nachweis, dass bei *Pieris brassicae*, wenn er Futter sucht, grün nicht beachtet wird, wogegen das eierlegende Weibchen eine starke Vorliebe für Grün und Blaugrün hat.

Interessanterweise gehört auch Schwarz zu den Attraktiv- oder Präferenzfarben, womit es dann gelingt, gewisse Insekten in grosser Menge anzulocken und zu fangen. Hängt man auf Viehweiden an geeigneten Stellen schwarze Tücher auf, dann kann man bei sonnigem Wetter nach einiger Zeit einen starken Anflug von *Musca autumnalis* feststellen (48), die sich auf das von der Sonne beschienene schwarze Tuch niederlassen. An die gleichen Tücher flogen Anfang bis Mitte Juli jeweils weibliche Rinderbremsen (45) und zwar ebenfalls ausschliesslich auf die Sonnenseite der Tücher; sie verharrten hier auf dem Tuche 5 bis 30 Sekunden, eventuell auch länger, und machten während dieser Zeit, jeweils kurze Strecken laufend, eifrige Stichversuche in das schwarze Tuch. Nach einiger Zeit flogen die Bremsen weg, kamen aber hie und da wieder zurück, um nochmals kurz auf das Tuch zu sitzen. Bei

Tabanus bovinus geschah der Anflug durchgehends von unten her und die Tiere setzten sich hauptsächlich im untern Drittel des Tuches fest. Diese Bremse greift die Kühe und Pferde meistens auf der Bauchseite an, was sehr wohl das Verhalten der Tiere auf dem Tuche erklärt (1).

Während die Augenfliegen auf Gelb und auch auf Schwarz ansprechen, gleichzeitig Blüten und Vieh aufsuchend, reagieren die Bremsen nicht auf Farben, sondern nur auf Schwarz. Die andersfarbigen, vergleichsweise aufgehängten Tücher wurden unter den gleichen Bedingungen nie angeflogen. Die weiblichen Bremsen sind ja auch keine Blütenbesucher.

Weiter hat es sich gezeigt, dass der Ort des Aufhängens des schwarzen Tuches im Gelände einen ausschlaggebenden Einfluss auf den Anflug der Bremsen hat. Die Bremsen, die ja bekanntlich sehr grosse Facettenaugen aufweisen, sind sicherlich hauptsächlich Augentiere, die, wie man zudem weiss, auch Bewegungen auf grosse Distanz wahrnehmen. Man kann sie daher auch mit einem offenen schwarzen Regenschirm, den man hin und her bewegt, auf Distanzen anlocken. Auch die verschiedenen Tsetsefliegen reagieren wie die Bremsen auf schwarze sich bewegende Attrappen mit Anflug aus mehr oder weniger grosser Distanz (32). Wie die Bremsen führen auch sie an den Attrappen Stichversuche aus.

In allen diesen Fällen hat der Anflug an das schwarze Tuch etwas mit dem rein optischen Auffinden des Wirtes zu tun, was namentlich auch die wahrscheinlich von der Sonnenwärme des Tuches ausgelösten Stichversuche nahelegen.

Wir haben bereits gesehen, dass durch die rein optische Wahrnehmung von Bewegungen sich Insekten anlocken lassen. Das *Bewegungssehen* spielt im Leben der sich optisch orientierenden Raubinsekten, Libellen, Cicindelen etc. und wie wir bereits sahen auch bei den Bremsen und Tsetsefliegen eine bedeutende Rolle. Auch bei allen scheuen Insekten, wie Fliegen, Tagfalter etc., die flüchten, wenn man sich ihnen naht, ist ohne Zweifel das ausgesprochen gute Bewegungssehen die Ursache dieses Verhaltens. Das Bewegungssehen kann auch für das Sexualleben der Insekten von einiger Bedeutung sein. So kann man z. B. Stubenfliegenmännchen auf folgende Weise fangen, die UEXKÜLL (38) erstmals beschrieb: Man bestreicht eine kleine schwarze Kugel von der ungefähren Grösse einer weiblichen Fliege mit Leim und zieht sie an einem Faden mit einer gewissen Geschwindigkeit durch die Luft. Anwesende männliche Fliegen halten diese Attrappe für ein Weibchen, stürzen sich darauf und bleiben am Leim kleben.

Viele Insekten besitzen auch ein gewisses *Form-Unterscheidungsvermögen* oder *Formsehvermögen*, das von der Honigbiene besonders bekannt ist (16). Diese Sinnesqualität kann man in einigen Fällen zum Anlocken bestimmter Insekten verwenden.

Die Spargelfliege, *Platyparea poeciloptera* fliegt die stossenden Spargeln an, um in sie ihre Eier zu deponieren. Da es sich bei dieser Hand-

lung um eine rein optische Orientierung nach der Form der Spargel handelt, gelingt es, diese Trypetide zu täuschen, indem man in das Spargelfeld weisse Stäbchen von der Dimension einer stossenden Spargel einsteckt, die von den Fliegen befliegen werden. Wenn nun diese Attrappen noch geleimt sind, kann man die Fliegen direkt fangen (9).

Bei der Stubenfliege kennen wir ebenfalls ein gewisses Formunterscheidungsvermögen, das man auch zum Anlocken und Fangen der Fliegen verwenden kann. Es handelt sich dabei um die als Herdentrieb (44) bezeichnete Erscheinung, die sich darin äussert, dass stillstehende, fressende Fliegen andere Stubenfliegen auf kürzere oder längere Distanz rein optisch anlocken und dann durch kontaktchemische Reize festhalten. Durch die somit grösser werdende Ansammlung fressender Fliegen werden immer mehr Tiere auf eine ausgiebige Futterquelle aufmerksam gemacht. Auf diesem Herdentriebphänomen beruhen zwei Möglichkeiten des Fliegenfangs.

Beim sog. Fliegenteller hat man schwarze Fliegen als Silhouetten aufgedruckt (44), die an den Herdentrieb der Stubenfliege appellieren. Sie gestalten den Fliegenteller bis 30 % fängiger als ein solcher ohne Attrappen. Das gleiche gilt auch von toten Fliegen, die um den Fliegenteller herum liegen bleiben. Auch sie locken, bedingt durch den Herdentrieb neue Fliegen zum Fliegenteller. Auf dem Herdentrieb beruht auch weitgehend die Wirkung des alten Klebfliegenfängers, indem dort die klebenbleibenden Fliegen andere rein optisch anlocken und damit fangen. Hängt man z. B. in einem stark von Fliegen besiedelten Raume zwei solche Fliegenfänger auf und entfernt vom einen die jeweils gefangenen Fliegen sofort wieder, so lässt sich feststellen, dass z. B. im Verlaufe einer Stunde das Total der gefangenen Fliegen auf dem unangetastet gelassenen Fliegenfänger 4–6 mal grösser ist als auf demjenigen, bei dem man die Fliegen jeweils ablas.

Nach KEMPER (22) orientieren sich die Paravespuliden ebenfalls hauptsächlich optisch, ähnlich wie die Stubenfliege. Umherfliegende, suchende Wespen werden optisch angelockt durch eine Anzahl von Artgenossen, oder auch von andern Insekten, die sich an einer Nahrungsquelle, z. B. einer reifen, angenagten Birne versammelt haben. Damit ist auch die Erfahrungstatsache erklärt, dass eine Wespenfalle aus durchsichtigem Glas meistens bessere Ergebnisse zeitigt als eine undurchsichtige Falle.

Die Hauptanwendung des Gesichtssinns zum Anlocken und Fangen von Insekten liefert uns die *Phototaxis* oder *Photokinese*, die in den Lichtfallen hauptsächlich für Nachttiere ausgenützt wird.

Die Anlockung besonders von Nachtschmetterlingen durch Licht ist schon lange bekannt und wurde übrigens erstmals 1787 von *Abbé Roberjot* (4) für den Fang der Traubenwicklerfalter, also für angewandte Zwecke, verwendet. Seit dieser Zeit wurden viele neue Methoden zum Fang von Nachtschmetterlingen entwickelt. Die erste Frage, die sich

hier stellt, ist die, warum diese Insekten, welche normalerweise lichtnegativ eingestellt sein, und entsprechend ihrer nächtlichen Lebensweise eine Abscheu vor dem Lichte haben sollten, trotzdem durch Licht angelockt werden. Diese Erscheinung wurde vielfach als « le paradoxe de Réaumur » bezeichnet (4). Es kann nun folgende Erklärung für dieses Verhalten gegeben werden :

Die Nachtfalter weisen in ihrem Tageslauf eine erblich bedingte, in der Regel strikt eingehaltene Periodizität auf, die sich auch in den Pigmentwanderungen in den Facettenaugen dokumentiert. Tagsüber Schlaf, nachts Tätigkeit. Licht, auch sehr starkes, hat tagsüber keine Wirkung. Erst kurz vor dem Erwachen reagieren sie auf Licht. Im Gegensatz dazu reagieren die Tagfalter nur auf sehr hohe Lichtintensitäten, die Nachtfalter dagegen, wenn erwacht, auf schwaches Licht, und zwar beide so gut, dass das brillante Sonnenlicht die Tagfalter zum Erscheinen und die Nachtfalter zum Verschwinden bringt. Ein Beweis hiefür bietet unser *Papilio machaon*. Er ruht bei diffusem Tageslicht, fliegt aber sofort, wenn man ihn den Sonnenstrahlen aussetzt (25).

Die aktivierende Wirkung des Lichtes hängt von dessen Qualität ab. Bei den Insekten ist der Bereich des sichtbaren Spektrums, verglichen mit demjenigen des Menschen, meist nach der kurzwelligen Seite hin verschoben, d. h. viele von ihnen vermögen noch ultraviolettes Licht wahrzunehmen, viele sehen dafür kein Rot mehr. Die Wahrnehmung von UV Licht ist nachgewiesen bei der Biene, bei vielen Schmetterlingen, besonders Nachtfaltern und bei einigen Dipteren. Wir haben es hier wahrscheinlich mit einer allgemein verbreiteten Eigentümlichkeit des Facettenauges zu tun. Zudem scheint, dass Insekten, die vom Licht angezogen werden, das UV besser wahrnehmen als andere Teile des Spektrums, woraus sich die Wirkung des UV in den Quecksilberdampf-Fanglampen erklären liesse. Weiter liegt die Wahrnehmungsgrenze bei Nachtfaltern, z. B. bei Noctuiden bei 240 m μ bedeutend tiefer als beim typischen Tagtier, der Honigbiene mit 310 m μ .

Dies könnten die Grundlagen sein für die starke Lockwirkung der Quecksilberdampflampen, die mit ihrem hohen Anteil von kurzwelligem Licht besonders viele nachfliegende Insekten in ihren Bann ziehen. Durch sie hat der Lichtfang auf den verschiedensten Sparten in den letzten Jahren einen erheblichen Aufschwung genommen.

Es soll hier nicht über die Erfolge dieser Lichtfangmethoden berichtet werden, sondern ich möchte in diesem Zusammenhang kurz auf die Frage eingehen, die STAMM (35) stellte und auch beantwortete, nämlich: Wie verhalten sich die Insekten gegenüber mit optischen Aufhellern versehenen Leuchttüchern, die mit UV angestrahlt werden? Zur Lösung dieser Frage wurden zwei gleiche Fangtücher verglichen, von denen das eine so belassen wurde, wie es die Weberei lieferte, während das andere mit einem mit optischen Aufhellern versehenen Waschmittel gewaschen wurde; beide Tücher wurden gleich-

mässig mit einer Quecksilberdampfampe belichtet. Es wurde nun erwartet, dass das im hellsten Weiss strahlende Tuch, das mit den Aufhellern behandelt worden war, den stärksten Anflug haben würde, aber überraschenderweise trat gerade das Gegenteil ein. Die Mehrzahl aller anfliegenden Tiere liess sich nach dem üblichen Tanz um die Lampe am dunkleren, unbehandelten Tuche nieder. Nur ein geringer Prozentsatz fand Ruhe am aufgehellten Tuch. Man machte also die «aufregende» Erfahrung, dass die Insekten das uns weniger hell erscheinende Tuch anfliegen.

Die Erklärung dieses eigentümlichen Verhaltens ist nach STAMM wohl folgende: Die optischen Aufheller sind Fluoreszenzfarben, welche die unserm Auge unsichtbaren UV Strahlen in langweiliges, sichtbares Licht transformieren, das dann zusätzlich zum normal reflektierten Licht eine überhöhte Rückstrahlung ergibt. Das transformierte UV, das als helles Licht zurückgeworfen wird, geht uns für das Anlocken der UV empfindlichen Insekten verloren. Dem Insektenauge erscheint die für uns hellere, sichtbare Licht ausstrahlende Fläche dunkler. Die Folge davon ist, dass die Fangfläche ohne Aufheller mehr energiereiche, uns unsichtbare Lichtstrahlen zurückwirft, für das Insekt deshalb heller erscheint und auch stärker angefliegen wird. All dies deutet darauf hin, dass die nächtlichen Insekten durch UV stärker als durch sichtbares Licht angezogen werden. Fangtücher sollen daher nie mit den heutigen synthetischen Waschmitteln, die alle Aufheller enthalten, gewaschen werden, sondern man besorge die Wäsche der Fangtücher in altväterlicher Weise mit Schmierseife und Soda.

Die *positive Phototaxis* besonders von Taginsekten kann man auch direkt zum Anlocken und Sammeln von aus dem Boden schlüpfenden Insekten auswerten. Bei phänologischen Untersuchungen über die Flugperioden von sich im Boden verpuppenden Insekten werden sog. Schlüpfkästen verwendet, die an den Schlüpforten der Tiere aufgestellt, über Beginn und Dauer des Ausflugs Auskunft geben sollen. Die Kästen bestehen aus einem hölzernen Rahmen, der oben mit Nesseltuch verschlossen ist. Mit Dachpappe abgedeckt, gehen die geschlüpften Insekten, getrieben durch ihre positive phototaktische Reaktion, in Glasrohre, die Tageslicht enthalten. Verwendung finden diese Schlüpfkästen u. a. für Gallmücken, Thysanopteren, Möhrenfliegen etc.

Die Auswertung des Tastsinns der Insekten

Das Tastempfinden, durch die taktilen Borsten und Haare vermittelt, ist bei den Insekten über den ganzen Körper verbreitet. Zahlreiche Insekten, Imagines und Larven, haben die Eigentümlichkeit, sich in der Ruhelage so einzustellen, dass möglichst grosse Bezirke ihrer Körperoberfläche mit festen Gegenständen in Berührung kommen, eine Erscheinung, die wir *Thigmotaxis* nennen. Die *Thigmotaxis*, auch

Stereokinese genannt, nützt man z. B. zum Anlocken und Fangen des Ohrwurms, *Forficula auricula* aus. *Forficula* zeigt negative Phototaxis, Hygrokinese, negative Geotaxis und ausgesprochene Thigmotaxis. Diese Reaktionen erklären die normalen, versteckten Aufenthaltsorte des Ohrwurms. Man nützt sie aus, um ihn zu fangen, indem man einen mit Stroh gefüllten, umgekehrten, auf einen kurzen Stab gestellten Blumentopf als Falle verwendet. Hier kann der Ohrwurm möglichst viele taktile Rezeptoren in Berührung mit einem festen Gegenstand, dem Stroh, bringen. Hier ruht er dann tagsüber. Es braucht dann meist sehr starke Reize um ihn zu Bewegungen zu veranlassen.

Auch beim sog. *Fanggürtel* nützen wir das thigmotaktische Verhalten von Insekten aus. Der Tastsinn ist bei Wicklerraupen von ausschlaggebender Bedeutung für die Wahl des Verpuppungs- und oft auch Überwinterungsplatzes. Laborversuche haben ergeben, dass Spalten von ganz bestimmten Ausmassen bevorzugt werden, von den ausgewachsenen Traubenwicklerraupen Spalten von 2 mm Weite (19, 41) und den ausgewachsenen Obstmaden von 3–3,5 mm. In solchen Spalten wird die Thigmotaxis der Raupen befriedigt. Aus diesem Grunde sollten auch die Wellkartonfanggürtel die entsprechenden Rillenweiten aufweisen. Auch bei der Prüfung des Verpuppungsplatzes hinsichtlich seines Materials dürfte der Tastsinn massgebend beteiligt sein. Das Auffinden der Fanggürtel durch die Raupen geschah bis anhin zufällig. Ein gewolltes Anlocken unterblieb. Da bei vielen Raupen der Farbensinn eine grössere Rolle zu spielen scheint als der chemische Sinn, scheint es nach der Ansicht von GÖTZ (13) nicht unmöglich, durch einen bestimmten Farbanstrich der Fanggürtel zu erreichen, dass die Verpuppungs- und Überwinterungsplätze suchenden Raupen aus einer gewissen Entfernung angelockt werden, wodurch die Wirkung der Falle sich natürlich steigern würde.

Die Fangwirkung des Abklopfens von Büschen und Bäumen etc., um darauf befindlicher Insekten habhaft zu werden, beruht ebenfalls auf dem Prinzip der Kontaktreize, und zwar auf der *reflektorischen Immobilisierung der Insekten*. Bei vielen Insekten kann die Refleximmobilisierung durch plötzlichen Verlust des Kontaktes der Füsse mit der Unterlage hervorgerufen werden, wie dem plötzlichen, kräftigen Schütteln einer Pflanze, auf der sich das Insekt bewegt. Dieser Zustand wird dann Tetanose oder Totstellen genannt. Der Einroll- oder Spiralreflex gewisser Raupen und Blattwespenlarven ist wahrscheinlich ein besonderer Fall dieser Reaktion. In diesem Immobilisationszustande sind alle Fortbewegungs- und Haltungskorrekturreflexe gehemmt, die Sinnesempfindungen sind reduziert und die Muskeln sind in einem Zustande der tonischen Kontraktion. Dieser Totstellreflex, durch den die Tiere dann in den Fallschirm fallen, ist häufig zu finden bei Käfern, Wanzen, Köcherfliegen, Raupen und andern Larven, selten bei Dipteren, Hymenopteren und Lepidopteren, eine Ausnahme bilden hier die Noctuiden.

Verwendung des Feuchtigkeitssinns zum Anlocken von Insekten

Der Feuchtigkeitssinn ist zur Hauptsache in den Antennen lokalisiert. Lycaeniden und auch Nymphaliden suchen feuchte Stellen auf Wegen, an Bachbetten usw. auf, um hier ihren Durst zu stillen. Durch künstliches Anbringen solcher Tränken im natürlichen Biotop, können diese Falter an bestimmte Orte hingelockt und dann mit dem Netz gefangen werden. Diese Tränken sind noch lockender, wenn zum Befeuchten Mistwasser oder Tierharn verwendet, also noch eine Geruchs-komponente gesetzt wird.

Auch die Ausleseapparate für Bodeninsekten, in denen man den Boden von der Oberseite erwärmt und belichtet und dadurch austrocknet, appellieren an die positive Hydrotaxis der Bodeninsekten. Diese weichen der Austrocknung des Bodens infolge ihrer positiven Geotaxis nach unten aus und werden so aus der Erde getrieben.

Verwendung des Wärmesinns zum Anlocken von Insekten

Auch der Wärmesinn ist in den Antennen gelegen. Die Stubenfliege kann man z. B. sehr leicht durch strahlende Wärme in grosser Zahl anlocken, indem man in einem Raum mit vielen Fliegen auf einem Tisch einen elektrischen Strahler oder einen Bunsenbrenner anzündet. Die Fliegen sammeln sich in einem Temperaturbereich von 38–40° C und bleiben hier lange Zeit ganz ruhig sitzen. Es wäre dann auch sehr leicht, diese Fliegen zu fangen. Die Hauptzahl der Insekten, die von der Wärme angezogen werden, sind bekanntlich unter den Blutsaugern an Mensch und Tier zu finden, unter den Läusen und den blutsaugenden Fliegen.

Schlusswort

In den vorliegenden Ausführungen konnte gezeigt werden, dass mit der Kenntnis der Sinnesphysiologie interessante Methoden zum Fang von Insekten gefunden und entwickelt werden konnten. Sie lassen sich möglicherweise noch bedeutend verbessern, wenn wir noch tiefer in die mannigfaltigen Zusammenhänge im sinnesphysiologischen Verhalten der Insekten einzudringen vermögen. Es scheint auch nicht ausgeschlossen, dass dann einzelne Fangmethoden in der Schädlingsbekämpfung von grosser Bedeutung werden können und sogar die Verwendung von allgemeinwirkenden Insektiziden einschränken.

ZITIERTE LITERATUR

1. BARRAS, R., 1960. *The settling of female Haematopota insidiatrix Austen (Diptera, Tabanidae)*. Ent. exp. et appl., **3**, 257–266.
2. BARTH, R., 1937/38. *Herkunft, Wirkung und Eigenschaften des weiblichen Sexualduftstoffes einiger Pyraliden*. Zool. Jahrb. Abt. Allg. Zool. u. Physiol., **58**, 269–312.

3. BECKER, G., 1962. *Nahrungsfindung und Chemotaxien bei holzbewohnenden Käfern*. Z. f. angew. Entomol., **50**, 88–93.
4. BOUVIER, E. L., 1927. *La vie psychique des insectes*. Bibliothèque de philosophie scientifique, Ernest Flammarion, Paris.
5. BUTENANDT, A. und HECKER, E., 1961. *Synthese des Bombykols, des Sexuallockstoffes des Seidenspinners und seiner geometrischen Isomeren*. Angewandte Chemie, **73**, 349–353.
6. CALLAHAN, P. S., 1965. *Are arthropods infrared and microwave detectors?* Proc. North Central Branch. E.S.A., **20**, 20–31.
7. DETHIER, V. G., 1947. *Chemical insect attractants and repellents*. Philadelphia.
8. DÖHRING, E., 1960. *Zur Häufigkeit, hygienischen Bedeutung und zum Fang sozialer Faltenwespen in einer Grossstadt*. Z. f. angew. Entomol., **47**, 69–79.
9. ECKSTEIN, F., 1931. *Über die Verwendung von Ködermitteln zur Schädlingsbekämpfung*. Z. f. angew. Entomol., **18**, 726–773.
10. GEIGY, R. und DU BOIS, A. M., 1935. *Beobachtungen über die Physiologie der Begattung von Sialis lutaria*. Rev. Suisse de Zoologie, **42**, 447–457.
11. GÖRNITZ, K., 1937. *Cantharidin als Gift und Anlockmittel für Insekten*. Arb. physiol. u. angew. Entomol. aus Berlin-Dahlem, **4**, 116–157.
12. — 1956. *Über die Reaktion einiger an Cruciferen lebenden Insektenarten auf attraktive Duft- und Farbreize*. Ber. Hundertjahrfeier d. deutsch. Ent. Ges. Berlin, Akademie-Verlag Berlin, 188–198.
13. GÖTZ, B., 1938. *Sinnesphysiologische Untersuchungen an Schmetterlingsraupen und ihre praktische Bedeutung*. Anz. f. Schädl.-kunde, **14**, 92–93.
14. — 1939. *Untersuchungen über die Wirkung des Sexualduftstoffes bei den Traubenwicklern *Clysia ambiguella* und *Polychrosis botrana**. Z. f. angew. Entomol., **26**, 143–164.
15. — 1951. *Die Sexualduftstoffe an Lepidopteren*. Experientia, **7**, 406–418.
16. HERTZ, M., 1934. *Zur Physiologie des Formen- und Bewegungssehens*. Z. f. vergl. Physiol., **21**.
17. JACOBSON, M., BEROZA, M. und JONES, W. A., 1960. *Isolation, identification, and synthesis of the sex attractant of Gypsy Moth*. Science, **132**, 1011–1012.
18. JACOBSON, M., BEROZA, M. und YAMAMOTO, R. T., 1963. *Isolation and identification of the sex attractant of the American Cockroach*. Science, **139**, 48.
19. JANCKE, O., 1938. *Der Wert des Fanggürtels im Kampf gegen den Heu- und Sauerwurm*. Deutscher Weinbau, 26–33.
20. JENSE, D., 1937. *New observations on responses to colours in egg-laying butterflies*. Nature (London), **140**, 544.
21. KAUTH, H. und MADEL, W., 1955. *Über die Ergebnisse der im Schwarzwald und Hunsrück von 1952 bis 1954 durchgeführten Freilandversuchen zur Anlockung des grossen braunen Fichtenrüsselkäfers, *Hyllobius abietis* L., mit Lockstoffen*. Z. f. angew. Entomol., **37**, 245–249.
22. KEMPER, H., 1962. *Nahrung und Nahrungserwerb der heimischen sozialen Vespiden*. Z. f. angew. Entomol., **50**, 52–55.
23. KLINGLER, J., 1957. *Über die Bedeutung des Kohlendioxids für die Orientierung der Larven von *Othiorrhynchus sulcatus* F., *Melolontha* und *Agriotes* (Col.) im Boden*. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., **30**, 317–322.
24. LIEBERMANN, A., 1926. *Korrelation zwischen den antennalen Geruchsorganen und der Biologie der Musciden*. Z. f. Morphol. u. Oekol. d. Tiere, **5**, 1–97.
25. LOEB, H. J., 1905. *Studies in general physiology*. London.
26. MINNICH, D. E., 1921. *An experimental study of the tarsal chemoreceptors of two nymphalid butterflies*. J. exper. Zool., **33**, 173–203.

27. MOERICKE, V., 1958. *Farben und Landereiz für geflügelte Blattläuse*. Zeitschr. f. Naturforsch., **7**, 304–309.
28. — *Über die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens beim Landen*. Z. f. angew. Entomol., **37**, 29–91.
29. — 1962. *Über die optische Orientierung von Blattläusen*. Z. f. angew. Entomol., **50**, 70–73.
30. MOLLER-RACKE, J., 1949. *Farbensinn und Farbenblindheit der Insekten*. Verh. Deutsch. Zoologen, Mainz, 23–26.
31. PETERS, W., 1958. *Zur Schmeissfliegenbekämpfung. Untersuchungen mit Lockstoffen*. Verh. Deutsch. Ges. f. angew. Entomol. 14. Mitgl. Vers. in Göttingen, 24.–25. Okt. 1957, 43–45.
32. RUPP, H., 1952. *Contribution à la lutte contre les Tsétsés. Influence « d'étoffes attractives » imprégnées de DDT, sur Glossina palpalis, ssp. martinii Zpt.* Acta tropica **9**, 289–303.
33. SCHLEGTENDAHL, A., 1934. *Beitrag zum Farbensinn der Arthropoden*. Z. f. vergl. Physiol., **20**, 545–581.
34. SCHNEIDER, F., 1958. *Künstliche Blumen zum Nachweis von Winterquartieren, Futterpflanzen und Tageswanderungen von Lasipticus pyrastris (L.) und andern Schwebfliegen (Syrphidae, Dipt.)*. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., **31**, 1–24.
35. STAMM, K., 1958. *Lichtfang mit UV Licht und optischen Aufhellern*. Deutsche Entomolog. Zeitschr. N.F. **5**, 471–474.
36. STELLWAAG, F. und GÖTZ, B., 1937. *Das Ködern der Traubenwicklermotten als Bekämpfungsmassnahme*. Anz. f. Schädl.-kunde, **13**, 129–133.
37. THORPE, W. H., CRONBIE, A. C., HILL, R., DARRAH, J. H., 1946/47. *The behavior of wireworms in response to chemical stimulation*. J. exper. Biol., **23**, 234–266.
38. UEXKÜLL, J. v. und BROCK, FR., 1925. *Atlas zur Bestimmung der Orte in den Seh-räumen der Tiere*. Z. f. vergl. Physiol., **3**.
39. WHITTINGTON, F. B. und BICKLEY, W. E., 1941. *Observation on Japanese beetle traps*. J. econ. Entomol., **34**, 219–220.
40. WIESMANN, R., 1944. *Untersuchungen über das Anködern der Kirschfliege Rhagoletis cerasi L.* Landw. Jahrb. Schweiz., 803–840.
41. — 1955. *Recherches sur le control de vol de la cochylis (Clysia ambiguella Hb.)*. Rev. Zool. et appl., 1–19.
42. — 1955. *Vergleichende Untersuchungen über die Reizleitung normalsensibler und resistenter Imagines von Musca domestica unter der Einwirkung von DDT Substanz*. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., **28**, 251–273.
43. — 1957. *Untersuchungen über die Sexualbiologie von Prodenia litura F. in Ägypten*. Zeitschr. f. Pflanzenkr. (Pflanzenpathologie) u. Pflanzensch., **64**, 554–562.
44. — 1962. *Neue Erkenntnisse aus der Biologie von Musca domestica L. im Zusammenhang mit der Insektizidresistenz*. Journ. of Hyg. Epidemiology, Microbiol. Immunolog., **6**, 303–321.
45. — 1962. *Freilandbeobachtungen im Versuchsgut an den beiden Bremsenarten Tabanus bovinus und Haematopota pluvialis*. Manuskript, Geigy-Basel, 4 Seiten.
46. — 1962. *Untersuchungen über den Sitz des kontaktchemischen Sinns bei Lepidopteren*. Z. f. angew. Zool., **49**, 123–133.
47. — 1962. *Untersuchungen über den « Fly-factor » und den Herdentrieb der Stubenfliege Musca domestica L.* Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., **35**, 69–114.
48. — 1967. *Untersuchungen über die Ökologie und Bekämpfung der Augenfliege, Musca autumnalis de Geer*. Mitt. Entomol. Ges. Basel, im Druck.