

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Graz.)

## Untersuchungen über die geruchliche Orientierung blutsaugender Insekten.

### I. Über die Wirkung eines Blutduftstoffes auf Stomoxys und Culex.

Von

B. Schaerffenberg und E. Kupka.

Mit 2 Textabbildungen.

#### Problemstellung.

Auf welche Weise blutsaugende Insekten ihren Wirt auffinden, ist ein altes Problem sowohl der Physiologie als auch der entomologisch-medizinischen Forschung. Fest steht, daß der Wirtsorganismus eine weitreichende attraktive Wirkung auf diese Insekten ausübt. Welche Art von Reizen aber hierfür verantwortlich sind, konnte bisher noch nicht eindeutig ermittelt werden. In Betracht kommen indifferenten (physikalische und chemische) und spezifische chemische Reize. Außerdem können, zumindest bei bestimmten Arten, auch optische Reize eine Rolle spielen. Zur ersten Gruppe müssen Wärme, Feuchtigkeit und  $\text{CO}_2$ , zur zweiten die verschiedenen Komponenten des Eigengeruches der Wirtstiere gerechnet werden. Für die Fernwirkung von Wirtstieren auf Blutsauger müssen die indifferenten Reize als unwesentlich angesehen werden. Was die spezifischen Reize anlangt, so ist bisher kein typischer Lockstoff bekannt geworden. Es lassen sich aber aus dem Verhalten der Parasiten dem Wirt gegenüber gewisse Schlüsse ziehen, welche die Aufstellung von Arbeitshypothesen ermöglichen.

Der Mensch z. B. hat zweifellos dann am meisten unter diesen Ectoparasiten zu leiden, wenn er stark erhitzt ist. Dies kann sowohl durch intensive Tätigkeit bei höheren Außentemperaturen, als auch bei Fieber der Fall sein. In beiden Fällen liegt eine starke Transpiration und eine intensive Durchblutung der Haut vor. Da

die heute bekannten, im Schweiß enthaltenen Stoffe, insbesondere die stark riechenden Fettsäuren, keine spezifische Lockwirkung auf Cūliciden erkennen lassen, erscheint es wenig wahrscheinlich, daß sie für die Auffindung des Wirtes verantwortlich zu machen sind. Die Beobachtung aber, daß der frisch gewaschene, nackte Körper besonders anziehend wirkt, berechtigt wohl dazu, dem Schweiß als Duftköder keine große Bedeutung beizumessen.

Das Hautgewebe selbst erfährt beispielsweise durch das Bad keine besonderen Veränderungen, wohl aber erweitern sich die oberflächlich gelagerten kapillaren Blutgefäße. Wir sehen also, daß hier zwei Vorgänge stets miteinander einhergehen: Die intensivere Lockwirkung und die starke Durchblutung der Haut. Es ist daher naheliegend, anzunehmen, daß eine weitreichende Duftwirkung vom Blute selbst ausgeht. Hierfür spricht auch die große Zielsicherheit, mit der die stechenden Insekten die Blutgefäße anzapfen.

Wenn wir somit das Blut, bzw. eine stark riechende Komponente desselben, für die Anlockung verantwortlich machen, so lassen sich hiermit noch weitere Beobachtungen in Einklang bringen, so vor allem die alte Erfahrung, daß Personen mit empfindlicher, wahrscheinlich dünnerer Haut bedeutend anziehender für Blutsauger sind und daher weit stärker von ihnen belästigt werden, als solche mit stärkerer Haut.

Unter diesem Gesichtspunkte ist es auch verständlich, daß *Mer*, *Birnbaum*, *Aioub* und *Bachi* (1947) eine anlockende Wirkung der Atemluft auf Stechmücken feststellen konnten. Da der Geruch der Atemluft sicher praktisch frei von Hautduftstoffen ist, diese aber anlässlich des Gasaustausches in intimste Berührung mit der Blutflüssigkeit kommt, ist auch hier mit der Wirkung von Blutduftstoffen zu rechnen. Daneben kommt auf kurze Distanzen die Wirkung von Feuchtigkeit und CO<sub>2</sub> mit in Betracht. Ebenso steht unsere Annahme in voller Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von *Krijgsman* (1930), der eine geruchliche Fernwirkung von frischem Blut auf *Stomoxys calcitrans* nachweisen konnte, dieser jedoch keine große praktische Bedeutung beimaß, sondern vielmehr den Hautgeruch als ausschlaggebend ansah.

In gleicher Weise war es uns bei Vorversuchen möglich, ein weitreichendes Anlockungsvermögen frischen Blutes auf Culiciden und Stechfliegen zu beobachten. Die Beimischung frischen Blutes zu geruchlosem Fliegenleim (aus Buna) gestattete die Herstellung von Fliegenfängern, die zwar eine nur kurze Wirkungsdauer, dafür aber eine deutlich nachweisbare selektive Anziehung auf blutsaugende Dipteren erkennen ließen.

Besonders eindeutige Ergebnisse erhielten wir im Malaria-gebiet von Wundschuh (südlich von Graz) in den Jahren 1947 und 1948. Infolge einer Reihe von Fischteichen und einer großen Anzahl kleinerer Wasseransammlungen, sowie der sonstigen lokalen Bedingungen hat dieses Gebiet unter besonders starkem Auftreten von Stechmücken zu leiden. So konnten dort Kupka und Anschau (1950) bis ca. 400 Stechmücken pro 12 qm Bodenfläche einer Schlafstube und in einem anderen Raum einen täglichen Durchschnittseinflug von 200 Culiciden feststellen, von denen bei Tage durchschnittlich nur 1,7% auf Anophelen entfällt. In den Stallungen betrug der Anophelen-Anteil 78%. Demzufolge weisen unsere Blutfliegenfänger im Stall eine höhere Anophelenzahl auf, wohingegen im Zimmer die *Culex*-Ausbeute überwog. In beiden Fällen aber lag die Fängigkeit für Culiciden bis 10mal höher als diejenige von normalen Fliegenfängern, die den gleichen Leim-anstrich, aber ohne Blutzusatz, erhalten hatten.

Was die Wirkung von Blutfliegenfängern auf Musciden an-betrifft, so konnten wir feststellen, daß sie auch auf *Stomoxys calcitrans* eine starke Anziehungskraft ausübten. Sie fingen etwa doppelt so viel als die Kontrollen. Auch *Musca domestica* wurde, wengleich in geringerem Maße, von den Blutfängern angelockt. Dies war wohl zu erwarten, da offen gereichtes Blut, insbesondere bereits koaguliertes, auch sonst von *Musca* gerne besucht wird.

Um zu ermitteln, ob von einzelnen bekannten Bestandteilen des Blutes attraktive Wirkungen auf blutsaugende Dipteren ausgehen, wurden folgende im Blut enthaltene Substanzen auf ihre Anziehungskraft gegenüber *Culex pipiens* und *Anopheles maculipennis* geprüft: Serum Albumin (5%ig), Serum Globulin (4%ig), Glucose (1%ig), Cholesterin (0,5%ig), Lezithin (0,5%ig) und Haematin (5%ig). Außerdem wurde Blutserum auf seine Fängigkeit geprüft. Die Versuche verliefen durchwegs negativ, d. h. keiner dieser Stoffe zeigte einen besonderen Anreiz für die genannten

Culiciden. Offenbar war unter diesen Substanzen der wirksame Lockstoff nicht vorhanden.

Da wir aber überzeugt waren, daß sich ein solcher im Blute finden müßte, dessen Isolierung und Darstellung gelingen könnte, suchten wir die Mitarbeit eines Chemikers, den wir in Herrn Dr. O. Ballaus<sup>1)</sup> vom Organisch-Chemischen Institut der Universität Graz fanden. Es gelang ihm in verhältnismäßig kurzer Zeit, einen Stoff zu isolieren, auf den Culiciden und Stechfliegen deutlich ansprachen. Da die Darstellung des Stoffes schwierig und die Ausbeute mit der heutigen Methode sehr gering ist, kann über die chemische Beschaffenheit desselben noch nichts ausgesagt werden. Fest steht lediglich, daß es sich um einen außerordentlich flüchtigen Körper handeln muß, der nur sehr schwer an irgend ein Substrat gebunden werden kann. Für unsere Untersuchungen standen nur sehr verdünnte Lösungen zur Verfügung, von denen ausgehend wir dann Verdünnungsreihen ansetzen konnten. Die Konzentration unserer Ausgangslösung liegt sicher weit über den normalen biologisch wirksamen Werten und hat für den Menschen einen eigenartig süßlichen, fast aromatisch, widerlichen Geruch. Dieser erinnert zwar etwas an den Geruch frischen Blutes, ist aber von ihm deutlich unterscheidbar. In schwachen, für Blutsauger attraktiven Konzentrationen ist er für den Menschen nicht wahrnehmbar. Dies erklärt sich erstens daraus, daß die Insekten im allgemeinen ein leistungsfähigeres Geruchsvermögen als der Mensch besitzen, und zweitens aus der Überlegung, daß der Geruch in diesen niederen Konzentrationen für ihn garnicht wahrnehmbar sein kann, da diese bereits normalerweise im Bereich seiner Geruchsepithelien dauernd vorhanden sind.

### Der Tierversuch.

Für unsere Anlockungsversuche mit dem gefundenen Lockstoff wurden Weibchen der Culicide *Culex pipiens* und die Musciden *Stomoxys calcitrans* und in kleinerem Ausmaße *Musca domestica* herangezogen. Die Untersuchungen an beiden Musciden

---

<sup>1)</sup> Wir möchten auch an dieser Stelle Herrn Kollegen Ballaus herzlich danken, ebenso Herrn Professor Zinke, dem Vorstand des Institutes für Organische Chemie, der freundlicherweise den nötigen Arbeitsplatz zur Verfügung stellte.

erfolgten in einem Käfig von  $96 \times 28$  cm Bodenfläche und 62 cm Höhe. Er bestand aus einem Rahmen von dünnen Holzleisten und war allseits mit einem Fliegengitter aus Draht von  $2 \times 2$  mm Maschenweite bespannt. Für die Culicidenversuche verwendeten wir einen gleichgroßen, mit engmaschiger Gaze überspannten Käfig. Die Versuchs- sowie die Kontrolllösungen wurden in Salznapfen geboten. Um das Abgleiten der Tiere an den glatten Glasrändern zu vermeiden, kam auf jedes Schälchen eine Filterpapiermaske, deren Rand um ca. 0,5 cm über dem des Napfes vorstand und in der Mitte ein der Öffnung des Schälchens entsprechendes kreisrundes Loch hatte.

Da nur geringe Mengen des so überaus flüchtigen Duftstoffes zur Verfügung standen, entschlossen wir uns, Simultanversuche anzustellen. Begonnen wurde mit Versuchen an *Stomoxys* und *Musca*. Zu diesem Zweck kamen 100 *Stomoxys* und 25 *Musca* in den entsprechenden Käfig. In einem Schälchen wurde 2%ige Zuckerlösung als Kontrolle und in einem zweiten gleichkonzentrierte Zuckerlösung, die 0,05% der Standardduftlösung enthielt, geboten. Nach jeweils 10 Minuten wurde die Anzahl der Tiere, die sich an den Futterplätzen versammelt hatten, bestimmt, und die Werte nach Arten getrennt notiert. Hierauf wurden alle Tiere von ihrem Schälchen verscheucht. In Abb. 1 a sind die Ergebnisse eines Versuches von einer Stunde und 50 Minuten Dauer graphisch dargestellt. Es ergab sich, daß sich mehr als doppelt so viele *Stomoxys* an der bedufteten Lösung eingefunden hatten, während *Musca domestica* beide Futterstellen annähernd gleich stark frequentierte. In einem weiteren Versuche von einer Stunde 10 Minuten Dauer mit 40 *Stomoxys* und 12 *Musca* bekamen die Tiere in den Kontrollnapfen wieder 2%ige Zuckerlösung, in den Versuchsgefäßen aber nur reines Wasser mit Zusatz von 0,05% Duftstofflösung. Abermals besuchten mehr als doppelt so viele *Stomoxys* die Duftstofflösung als die reine Zuckerlösung. Bei *Musca* hingegen überwog deutlich die Frequenz der Zuckerlösung (vgl. Abb. 1 b). Die Reaktionsweise der beiden Muscidenarten entspricht vorzüglich ihrem sonstigen biologischen Verhalten. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von *Krijgsman* (1930) konnten wir feststellen, daß bei *Stomoxys*, sofern die flüssige Nahrung offen gereicht wird, der Stechakt unterbleibt und sofort mit dem Saugakt begonnen wird.

Während die Versuche mit *Stomoxys* und *Musca* entsprechend deren Lebensweise bei Tag durchgeführt wurden, mußten die Untersuchungen an *Culex pipiens* in die Nachtstunden als deren Periode der stärksten Aktivität verlegt werden. Dementsprechend herrschten bei den Versuchen mit Musciden etwas höhere Temperaturen (27,5, bzw. 28° C), wohingegen bei den drei nun folgen-

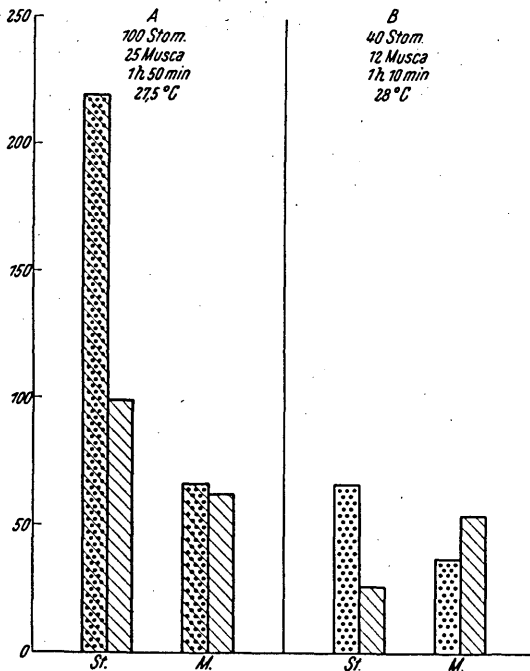


Abb. 1. Verhalten von *Stomoxys calcitrans* und *Musca domestica* gegenüber Zucker- und Duftstofflösungen im Käfigversuch. Ordinate = Anzahl der Tiere. A Zuckerlösung (2%) schraffiert, Zuckerlösung (2%) und Duftstoff (0,05%) schraffiert und punktiert. St = *Stomoxys*, M = *Musca*. B Zuckerlösung wie bei A, reines Wasser mit 0,05% Duftstoff punktiert; sonst wie bei A.

den Culiciden-Testen 26°, 24° und 21° C gemessen wurden. Im ersten Versuch (Abb. 2 a) kamen 110 Tiere (*Culex*) in den Mückenkäfig. Die Beobachtungsdauer betrug 2 Stunden und 20 Minuten. Die Mücken erhielten als Kontrollen reines Wasser und 2%ige Zuckerlösung vorgesetzt. Außerdem befanden sich in dem Käfig vier Konzentrationsstufen eines Duftstoff-Wassergemisches von 0,01 über 0,02 und 0,05 bis 0,1% der Duftstoff-Ausgangslösung.

Der geringste Beflug zeigte sich bei reinem Wasser. Zuckerlösung und die schwächeren Konzentrationen von 0,01% und 0,02% hatten annähernd gleichen Besuch. Bei einer Konzentration von 0,05% erhöhte sich der Anflug auf das zwei- und eineinhalbfache, um bei 0,1% auf mehr als das dreifache anzusteigen. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß erstens alle Duftstoffgemische dem reinen Wasser überlegen waren und zweitens eine Konzentration von 0,02% Duftstoff in ihrer Lockwirkung einer 2%igen Zuckerlösung entsprach, und drittens die Beflugstärke proportional mit der Konzentrationserhöhung des Duftstoffes zunahm.

Im zweiten Versuch (Abb. 2 b) befanden sich 60 *Culex* im Käfig, die durch 2 Stunden bei 24° C beobachtet wurden. Als Kontrolle setzten wir wieder 2%ige Zuckerlösung vor. Der Duftstoff kam nur in zwei Konzentrationen, und zwar 0,02 und 0,05%ig als wässrige Lösung zur Anwendung. Die Zuckerlösung lockte in diesem Falle zirka doppelt so viele Tiere an als die schwächere der beiden Duftlösungen. Die konzentriertere hingegen wurde etwa doppelt so stark besucht wie die Zuckerlösung.

Beim dritten Versuche (Abb. 2 c) war der Käfig mit 200 Stechmücken besetzt. Die Versuchsdauer betrug abermals 2 Stunden, die Versuchstemperatur ca. 21° C, als Kontrolle wurde wiederum eine 2%ige Zuckerlösung gereicht. Die verwendeten Duftstoffkonzentrationen waren 0,01, 0,1 und 1% der Ausgangslösung. Wahrscheinlich durch die veränderten Witterungsverhältnisse und insbesondere die niedrigere Temperatur bedingt, zeigte sich ein gegenüber den Vorversuchen verändertes Verteilungsbild. Dieses kam dadurch zustande, daß die Zuckerlösung hier besonders stark besucht war. Erst eine Duftstofflösung von 1% war intensiv genug, um mehr Tiere anzulocken als die Zuckerkontrolle. Die beiden schwächeren Lockstoffkonzentrationen fielen, entsprechend ihrer abnehmenden Intensität, ab. Dieses merkwürdige Verhalten der Tiere, das sich schon andeutungsweise in dem vorangegangenen Versuch zeigte, kann auf zweierlei Ursachen zurückgeführt werden. Einerseits wird bei absinkender Temperatur die Konzentration des Duftstoffes in der umgebenden Luft entsprechend der herabgesetzten Dampfspannung absinken und so eine geringere Anziehung auf die Tiere ausüben. Andererseits sind die Stechmücken bei tieferer Temperatur weniger aktiv und bekanntermaßen bei kühlem Wetter weniger stechlustig. Wir sehen also, daß das Ver-

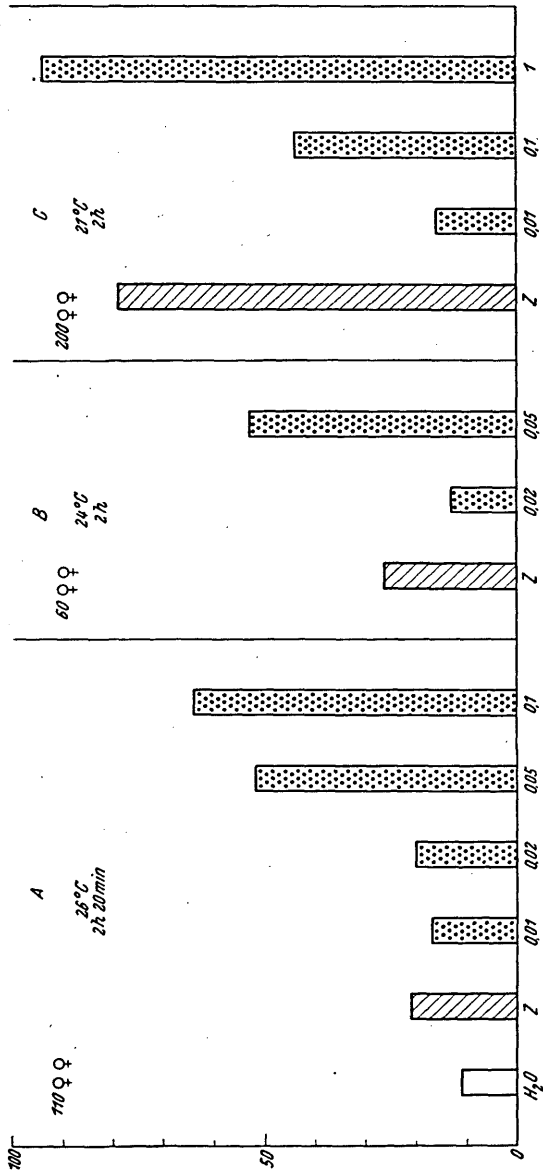


Abb. 2. Verhalten von *Culex pipiens* gegenüber reinem Wasser, Zuckerlösung (2%) und verschieden stark beduftetem Wasser. Weiß = reines Wasser, sonst wie bei Abb. 1.

halten der Tiere gegenüber dem Blutduftstoff demjenigen gegenüber den natürlichen Wirten gleich. Außerdem erscheint uns die Vorliebe der Tiere für Zuckerlösung bei Eintritt kühler Witterung



bemerkenswert. Eine physiologische Deutung dieses Verhaltens kann erst nach weiteren Experimenten versucht werden.

Die Bestimmung der Besuchsfrequenz erfolgte wie bei den Musciden. Dressureffekte und etwaige lokale Beeinflussungen wurden dadurch möglichst ausgeschaltet, daß nach je 20 Minuten die Schälchen untereinander vertauscht wurden. Der Einfluß von bewegter Luft, bzw. Wind kam nicht zur Geltung, da alle Versuche nur in geschlossenen Räumen durchgeführt wurden. Bei den Nachtversuchen arbeiteten wir bei monochromatischem, roten Licht (Dunkelkammerlampe), da sich in Vorversuchen gezeigt hatte, daß weißes Licht, auch wenn es nur alle 10 Minuten zwecks Bestimmung der Anflugstärke eingeschaltet wurde, das natürliche Verhalten der Tiere schwerstens beeinträchtigte. In gleicher Weise wie bei *Stomoxys* ließ sich auch bei *Culex* feststellen, daß bei Aufnahme offen gebotener Flüssigkeiten der Stechakt unterbleibt und direkt mit dem Saugen begonnen wird.

Um festzustellen, ob das Ausbleiben des Stechaktes auf das Fehlen mechanischer oder sonstiger chemischer Faktoren zurückzuführen ist, sind von uns weitere Versuche mit *Stomoxys* und *Culex* angestellt worden. Zu diesem Zwecke boten wir sowohl *Stomoxys* als auch *Culex* in getrennten Versuchen Duftstofflösung in gewaschenen und dicht abgebundenen Harnblasen vom Meer-schweinchen. Es zeigte sich, daß die Blase die Tiere anlockte und dazu veranlaßte, sie anzustechen. Nach dieser, den biologischen Bedingungen noch weitgehend entsprechenden Versuchsanordnung, erhielten beide Formen Schälchen mit Duftlösung vorgesetzt, die aber mit einer einfachen Lage von Fließpapier abgedeckt waren. Überraschenderweise wurde der Stechakt bei beiden Formen ausgelöst. Dabei war das Fließpapier von *Stomoxys* vollkommen durchbohrt worden. Nach Beendigung des Experiments bot das gegen das Licht gehaltene Papier das Aussehen eines feinen Siebes mit dicht beieinanderliegenden Löchern. Die von *Culex* durchbohrte Papierprobe zeigte entsprechend dem feineren Stechapparat kaum merkliche Einstiche. Aus diesem Verhalten der Tiere erhellt, daß außer dem membranösen Abschluß weder die Oberflächenbeschaffenheit, noch, abgesehen vom Blutduftstoff, andere chemische Substanzen zur Auslösung des Stechaktes absolut notwendig waren.

## Diskussion.

Die Bedeutung der geruchlichen Orientierung der Stechmücken wird von *Bates* (1949) besonders hervorgehoben. Er stellt aber fest, daß trotz der großen Wichtigkeit dieser Frage fast keine entsprechenden Untersuchungen angestellt wurden. Nur *Rudolfs* (1922) hat sich eingehend damit beschäftigt. Er fand, daß Schweiß, Blut, Urin und Talkabsonderungen keine Anziehung auf *Aedes sollicitans* und *A. cantator* hatten. Dagegen erwiesen sich bestimmte Abbauprodukte körpereigener Substanz entschieden attraktiv, außerdem auch  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$ . Keiner von diesen Stoffen wirkt jedoch, wie *Bates* (1949) zusammenfassend feststellt, weiter als einige Zentimeter vom Wirt. Auf Grund unserer Versuche kamen wir jedoch zu der Überzeugung, daß im Blute der Homiothermen mindestens ein für blutsaugende Insekten stark attraktiver Stoff vorhanden ist. Im Einklang damit steht die Beobachtung von *Krijgsman* (1930), daß frisches Pferdeblut auf *Stomoxys calcitrans* eine anziehende Wirkung hat. Er mißt derselben aber praktisch keine allzu große Bedeutung bei, sondern hält den Hautgeruch für die Fernlockung für ausschlaggebend. Zu dieser Ansicht kam er auf Grund folgender Versuche: Freie Hautstellen wurden mit einem Wattebausch abgerieben und dieser als Duftköder verwendet. Aus der Versuchsanstellung geht bereits hervor, daß dieser nun Träger von fetthaltigen, der Haut aufgelagerten Substanzen war. Wir können damit weniger von einem Hautgeruch, als von dem der Hautauflagerungen sprechen. Auf Grund unserer Ergebnisse ist es naheliegend, anzunehmen, daß der durch die Haut diffundierte Blutduftstoff zu einem gewissen Prozentsatz von den Hautfetten gebunden wird: da sich bekanntlich Fette für die Adsorption von flüchtigen Duftstoffen eignen. Daß ein spezieller Hautgeruch keine maßgebliche Rolle für das Aufsuchen und Anstechen des Wirtes spielen dürfte, geht bereits aus den weiter oben angeführten Versuchen hervor, die gezeigt hatten, daß der Blutduftstoff auch durch eine Papier-, bzw. organische Membran wahrgenommen und die Duftstofflösung durch Ausführung des Stechaktes zu erreichen getrachtet wird. Auf Grund dieser Überlegungen erscheint der Mechanismus der Anlockung bedeutend vereinfacht. Es soll damit natürlich nicht gesagt sein, daß weitere Faktoren, wie Wärme, Feuchtigkeit und Kohlensäure in der un-

mittelbaren Umgebung der Haut als zusätzliche Reize nicht wirksam sind. Es ist damit nur gezeigt, daß der Blutduftstoff, sowohl für die Fernanlockung, als auch für den Stechakt, einen hinreichenden Reiz darstellt. Er ist somit offenbar die wichtigste Reizkomponente für temporäre Parasiten mit großem Aktionsradius.

Für das Verhalten von stationären Parasiten liegen Angaben von *Hase* (1915), *Sikora* (1915) und *Weber* (1929) vor. Letzterer konnte zeigen, daß die Schweinelaus erst auf eine Entfernung von drei Zentimeter durch den Finger des Menschen anlockbar ist. Als Reize wirken, wie aus seinen Versuchen hervorgeht, gleichzeitig Geruch, Wärme und optische Eindrücke auf die Laus ein. Jeder dieser Reize konnte in diesem Bereich von wenigen Zentimetern allein zur Anlockung verwendet werden. Weitere Versuche zeigten, daß auch der Hundekörper eine gewisse Anziehungskraft ausübt. Im Konkurrenzversuch wird aber das Schwein bevorzugt. Es wird bereits bei einer Entfernung von 15 cm angesteuert.

Für die Kleiderlaus werden von *Hase* 2 cm und von *Sikora* 3 cm als weiteste Lockdistanz angegeben. Wir können daher annehmen, daß hier ähnliche Verhältnisse wie bei der Schweinelaus vorliegen. Das Verhalten der beiden Läusearten hat jedenfalls eindeutig gezeigt, daß bei stationären Parasiten außer dem Blutgeruch auch noch andere Reize beim Auffinden des Wirtes ausschlaggebend beteiligt sind. Als solche spielen in unmittelbarer Nähe des Wirtskörpers im Sinne akzessorischer Reizkomponenten Wärme, sowie Feuchtigkeit eine bedeutsame Rolle. Die relative Luftfeuchtigkeit kann, wie aus den Untersuchungen von *Hundertmark* (1938) hervorgeht, für Anophelen eine ganz allgemein orientierende Bedeutung haben. Seinen Ergebnissen zufolge trachten die Tiere in ihr je nach Art verschiedenes, aber stets extrem hoch gelegenes Feuchtigkeitsoptimum zu gelangen, bzw. in ihm zu verbleiben. Das Aufsuchen von Räumlichkeiten mit solchen Feuchtigkeitswerten kann natürlich gleichgerichtet sein mit einem Duftgefälle, das von Wirtstieren, die sich dort aufhalten, ausgeht.

Außerdem soll nach *Martini* (1921 und 1941) und anderen CO<sub>2</sub> für die Wirtsorientierung der Culiciden von Bedeutung sein. Soweit es sich um ausgeatmete Luft handelt, deren attraktive Wirkung von *Mer*, *Birnbaum*, *Aloub* und *Bachi* (1947) nachgewiesen

wurde, haben wir bereits oben gezeigt, daß diese anlässlich der Lungenpassage reichlich mit Blutduftstoff angereichert sein muß. Somit ist nicht der  $\text{CO}_2$ -Gehalt allein, sondern auch der Geruch der Atemluft für die anlockende Wirkung derselben verantwortlich.

Besonders eingehende Untersuchungen über verschiedene anlockende Faktoren liegen von *Thiel* und *Weurman* (1947) und *Thiel* (1947) vor. Die beiden Autoren prüften die Wirkung von Wärme, Feuchtigkeit, defibriniertem Blut und  $\text{CO}_2$  auf das Verhalten von *Anopheles maculipennis atroparvus*. Aus diesen Versuchen geht eindeutig hervor, daß sowohl defibriniertes Blut, wie auch Kohlensäure von den Anophelen bevorzugt aufgesucht werden. Andererseits erreichen Wärme, Blut und  $\text{CO}_2$  zusammen noch nicht den anziehenden Effekt, der von zwei kleinen Schweinen ausgeht. Was den  $\text{CO}_2$ -Effekt anbetrifft, so berichten die Autoren, daß sie im Freien mit Sicherheit nur dann eine anlockende Wirkung erreichten, wenn der  $\text{CO}_2$ -Gehalt 10 bis 26 mal stärker als in der umgebenden Luft war und in Verbindung mit Blut und (oder) Wärme und (oder) erhöhter Feuchtigkeit dargeboten wurde. In weiteren Versuchen zeigte *Thiel* (1947) mit Hilfe eines Olfaktometers, daß  $\text{CO}_2$  bis zu einer Konzentration von 10% auf *Anopheles maculipennis atroparvus* anziehend wirkt. Er hatte bereits in einer früheren Arbeit (1937) nachgewiesen, daß  $\text{CO}_2$  auf kleine Distanzen für *A. m. atroparvus* attraktiv ist. Eine Kalkulation aus den von *Thiel* angegebenen Werten und den vom Menschen abgegebenen  $\text{CO}_2$ -Mengen läßt erwarten, daß im Freien die für die Anophelen anziehende Konzentration nicht viel weiter als 1 bis 2 Meter reichen dürfte. In geschlossenen Räumen kann die kritische Konzentration vielleicht auch noch in größerer Entfernung vom Wirt auftreten. Bemerkenswert erscheint uns bei diesen Versuchen die Tatsache, daß auch bei seinen Testen das Vorhandensein von Blut die Anzahl der anfliegenden Anophelen gegenüber anderen Experimenten ohne Blut erhöht hat.

Die Beobachtung von *Eckstein* (1920), daß blutsaugende Culi-ciden bei regnerischer, windiger Witterung den Menschen schwächer anfliegen als bei schwüler Wärme, wird von ihm dahingehend interpretiert, daß die Tiere infolge ihrer Empfindlichkeit gegen Luftbewegungen an weniger schönen Tagen nur seltener Gelegenheit haben, aus ihren Verstecken aufzufliegen und auf Blutbeute

auszugehen. Unsere Laboratoriumsversuche, bei denen bewegte Luft ausgeschlossen war, zeigten demgegenüber, daß sicher noch weitere Faktoren für den Anflug des Wirtes maßgebend sind. Einerseits sinkt mit fallender Temperatur die Aktivität der Tiere stark ab und andererseits verringert sich ihr Interesse für den Blutgeruch. Im Freiland sind bei stark bewegter Luft außerdem alle Duftbahnen unterbrochen, bzw. zerstört.

Bei unseren bisherigen Ausführungen wurde die Frage der optischen Orientierung zum Wirt mit Absicht noch nicht besprochen. Dies hat seinen Grund darin, daß unseres Wissens eingehende Untersuchungen hierüber nur mit *Glossina*-Arten vorliegen. Aus diesen geht hervor, daß die Glossinen ihre Wirte in erster Linie mit Hilfe der Augen ansteuern (*Jackson* 1949). Diese sind besonders für die Wahrnehmung bewegter Gegenstände eingerichtet, weshalb die Tsetsefliegen vor allem in Bewegung befindliche Tiere anfliegen. Außerdem spielen aber auch Form und Farbe eine Rolle. Man benützt deshalb zur Bekämpfung der Fliegen mit Erfolg sogenannte Tierfallen, welche in Farbe, Gestalt und Größe den Körper eines für die Fliegen geeigneten Blutspenders vortäuschen. Dabei hat sich eine hellbraune Stoffverkleidung der Attrappe besser bewährt als eine schwarze (*Morris, K. R. and Morris, M. G.* 1949). Die Antennen dagegen sind nach *Jackson* (1949) für die Wirtswahl der Fliegen ohne Bedeutung. Es ist daher anzunehmen, daß einer geruchlichen Orientierung derselben nur untergeordneter Wert beizumessen ist.

Nach *Bates* (1949), der in seiner „Naturgeschichte der Stechmücken“ die bekannte Literatur zusammengestellt hat, sind im Feldversuch bestimmte Farben, wie Blau, Rot und Gelbgrün für Anophelen besonders attraktiv, andere, insbesondere weißes Licht, werden hingegen gemieden. Weiters zeigt die Wahl verschiedener Farbuntergründe, welche die Anophelen in Stallungen treffen, daß ein ziemlich ausgesprochenes Farborientierungsvermögen vorliegen muß. Fassen wir aber die Frage der optischen Orientierung zusammen, so müssen wir sagen, daß diese zumindest bei den nächtlicherweile auf Bluterwerb ausgehenden Culiciden keine Rolle spielt. Bei unseren Versuchen konnte jedenfalls der Farborientierung keine Bedeutung zukommen, da sie mit farblosen Lösungen bei monochromatisch rotem Licht durchgeführt wurden.

Wenn wir nun auf Grund der aus der Literatur bekannten Daten und unseren eigenen Untersuchungen über den Mechanismus der Orientierung blutsaugender Dipteren zum Wirt eine Vorstellung entwickeln wollen, so müßte diese etwa so aussehen: Bereits auf große Entfernungen erfolgt durch die überaus sensiblen Geruchsorgane dieser Insekten eine Duftorientierung in Richtung auf den Wirt. Dabei spielt wahrscheinlich der von uns in Zusammenarbeit mit einem Chemiker aufgefundene Blutduftstoff eine bedeutende Rolle. Mit Annäherung an den Wirt ermöglicht die zunehmende Intensität des Geruchseindrucks eine sichere Auffindung desselben, die daher auch von optischer Orientierung, z. B. in der Nacht, vollkommen unabhängig sein kann. Beim Eintritt in die wirtsnahe Zone kommen weitere Orientierungsmomente hinzu. Hier ist in erster Linie an eine CO<sub>2</sub>-Wolke, einen Feuchtigkeitsmantel und eine den Körper unmittelbar umgebende Schicht erwärmter Luft zu denken. Damit ergeben sich für das anfliegende Insekt im Nahbereich des Wirts zusätzliche, sein Auffinden sichernde Orientierungsmöglichkeiten.

### Zusammenfassung.

Auf Grund von Freilandbeobachtungen und Köderversuchen mit Blut wurde das Vorhandensein eines Blutduftstoffes angenommen.

Es gelang, in Zusammenarbeit mit Dr. O. Ballaus als Chemiker, einen solchen in wässriger Lösung zu isolieren. Derselbe war farblos, überaus flüchtig und von leicht süßlichem, aromatischem Geruch. Seine anlockende Wirkung wurde bei *Stomoxys* und *Culex* nachgewiesen.

*Stomoxys* zieht gleichermaßen beduftete Zuckerlösung und beduftetes Wasser normaler Zuckerlösung vor. Die gleichzeitig geprüfte *Musca* reagierte auf beduftete und unbeduftete Zuckerlösung annähernd gleich, zog aber reine Zuckerlösung beduftetem Wasser vor (Abb. 1 a u. b).

*Culex pipiens* reagierte im Simultanversuch mit ansteigenden Duftkonzentrationen bei gleichzeitigem Vorhandensein von Zuckerlösung und in einem Fall (Abb. 2 a) bei Gegenwart von Wasser mit proportional dem erhöhten Duftstoffgehalt vermehrtem Beflug. Die Relation zwischen der Zucker- und Duftstofffrequenz zeigte sich abhängig von der herrschenden Temperatur, d. h. bei kühlerer

Witterung wird die Duftstofflösung relativ stärker als das beduf-tete Wasser besucht (vgl. Abb. 2 b und c).

*Culex* und *Stomoxys* durchstechen sowohl tierische Mem-branen (Harnblase des Meerschweinchens) als auch eine einfache Lage von Filterpapier, um zu der Duftstofflösung zu gelangen und sie aufzusaugen.

Orientierungsmöglichkeiten durch andere Reize (wie CO<sub>2</sub>, Feuchtigkeit, Wärme, Gestalt und Farbe des Wirtes) werden dis-kutiert.

Für die Fernorientierung wird in erster Linie der Blutduft-stoff verantwortlich gemacht, der erst in Wirtsnähe durch wei-tere Orientierungsmittel eine Unterstützung erfährt.

#### Literatur.

- Bates, M.: (1949), The Natural History of Mosquitoes. The Macmillan Company, New York. — Dethier, V. G.: (1949), Chemical Insect Attractants and Repellents. H. K. Lewis u. Co., London. — Eckstein, F.: (1920), Witterung und Stechmückenplage. Zs. angew. Entom. 6; (1920), Aus einer Feldstation für Stechmücken. Zs. angew. Entom. 6. — Hase, A.: (1915), Beiträge zu einer Biologie der Kleiderlaus. Zs. angew. Entom. 2. — Hundertmark, A.: (1939), Über das Luftfeuchtigkeitsunterscheidungsvermögen und die Lebens-dauer der drei in Deutschland vorkommenden Rassen von *Anopheles maculi-pennis* bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitsgraden. Zs. angew. Entom. 25. — Jackson, C. H. N.: (1949), The Biology of Tsetse Flies. Biol. Rev. Cam-bridge Philos. Soc. 24. — Krijgsman, B. J.: (1930), Reizphysiologische Unter-suchungen an blutsaugenden Arthropoden im Zusammenhang mit ihrer Nah-rungswahl. 1. Teil: *Stomoxys calcitrans*. Zs. vergl. Physiol. 11. — Kupka, E. u. M. Anschau: (1950), Entomologisch-ökologische Untersuchungen an steiri-schen Malariaherden. Acta Tropica 7. — Martini, E.: (1921), Zur Biologie unserer Stechmücken. Arch. Schiffs- u. Tropenhygiene 25; (1941), Lehr-buch der medizinischen Entomologie. 2. Aufl. Gustav Fischer, Jena. — Mer, G., D. Birnbaum, A. Atoub und R. Bachi: (1947), The Attraction of Mosquitoes by Human Beings. — Statistical analysis of data. Parasitology 38. — Morris, K. R. S. und M. G. Morris: (1949), The Use of Traps against Tsetse in West Africa. Bull. Entomol. Res. 39. — Rudolfs, W.: (1922), Chemo-tropism of Mosquitoes. New Jersey Agric. Expt. Sta. Bull. 367. — Sikora, H.: (1915), Beiträge zur Biologie von *Pediculus vestimenti*. Zentralbl. Bakt. Orig. 76. — Thiel, F. H. van: (1937), Quelles sont les excitations incitant l'*Anopheles maculipennis atroparvus*, a visiter et a piquer l'homme ou le betail? Bull. Soc. de Path. Exot. 30; —: (1947), Attraction exercée sur *Anopheles maculipennis atroparvus* par l'acide carbonique dans un olfactomètre. Acta Tropica 4. — Thiel, P. H. van und C. Weurman: (1947), L'attraction exercée sur *Anopheles maculipennis atroparvus* par l'acide carbonique dans l'appareil de choix II. Acta Tropica 4. — Weber, H.: (1929), Biologische Untersuchungen an der Schweinelaus (*Haematopinus suis* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Sinnesphysiologie. Zs. vergl. Physiol. 9. — Wiggles-worth, V. B.: (1947), The Principles of Insect Physiology. 3. Aufl. Methuen u. Co., London.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Zoologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: [03](#)

Autor(en)/Author(s): Schaerffenberg Bruno, Kupka Edmund

Artikel/Article: [Untersuchungen über die geruchliche Orientierung blutsaugender Insekten. I. Über die Wirkung eines Blutduftstoffes auf Stomoxys und Culex. 410-424](#)