

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Acta Tropica |
| Herausgeber: | Schweizerisches Tropeninstitut (Basel) |
| Band: | 6 (1949) |
| Heft: | 4 |
| Artikel: | Beobachtungen und Untersuchungen über den Wirkungsbereich des neuen Repellent "Kik-Geigy" |
| Autor: | Wiesmann, R. / Lotmar, R. |
| Kapitel: | II: Sinnesphysiologische Untersuchungen |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-310241 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

II. Teil.

Sinnesphysiologische Untersuchungen.

A. Einleitung.

In den vorangehenden Kapiteln wurde dargelegt, daß die Kik-Wirksubstanz von einer großen Zahl von Insekten wahrgenommen und als ausgesprochen unangenehm empfunden wird. Mit Kik behandelte Stellen werden entweder gänzlich gemieden oder doch nur ungern angegangen. Es ist hierbei wohl in erster Linie an unbeliebte Geruchs- und Geschmackseindrücke zu denken. Wir haben uns nun zur Aufgabe gestellt, etwas näher zu analysieren, durch welche Organe diese Sinnesreize aufgenommen werden.

Für Aufnahme von *Geruchseindrücken* werden bei den Insekten vor allem die *Sinneszellen der Antennen* verantwortlich gemacht. Außer diesen antennalen Geruchszentren werden aber von ihrem Entdecker *McIndoo* auch noch einzelne oder in kleinen Gruppen über den ganzen Insektenkörper *verstreut liegende Sinnesporen* als Geruchssinneszellen (olfactory pores) angesprochen. Die *Geschmacksorgane* sind hauptsächlich an den verschiedenen Gliedern der *Mundwerkzeuge* und ihren *Anhängen* zu suchen. Seit den Untersuchungen von *Minnich* und anderen ist ferner bekannt geworden, daß Geschmacksreize bei gewissen Insekten auch durch die Tarsen aufgenommen werden (z. B. gew. Tagschmetterlinge, gew. Fliegen).

B. Versuche mit Kik in Gasform zur Prüfung der rein geruchlichen Wirkung.

Die folgenden Untersuchungen, die kurz als «T-Rohr-Versuche» bezeichnet werden, sollten darüber Aufschluß geben, ob das Kik in Gasform, also rein geruchlich, von den Insekten wahrgenommen werden kann, und welche Sinnesorgane daran beteiligt sind.

1. «T-Rohr»-Versuche mit normalen Tieren.

Versuchsanordnung: In der Mitte eines Glasrohres von 100 cm Länge und einem Durchmesser von 5 cm befindet sich eine senkrechte Abzweigung, an die ein Saugschlauch angesetzt wird. Die beiden Oeffnungen des großen Rohres werden mit durchbohrten Korken verschlossen. An diese werden durch offene Glasröhrchen je zwei Flaschen angeschlossen, die in 35° warmem Wasser stehen. Die äußere Flasche enthält Wasser von der gleichen Temperatur, während die eine der inneren Flaschen mit 0,5 ccm Repellent aus-

gestrichen wird. (Diese Menge entspricht etwa einem normalen Unterarmstrich.)

Zum Test wird in das große Glasrohr eine bestimmte Zahl der zu prüfenden Insekten eingeführt. Dann wird das Repellent in die eine Flasche eingestrichen und der Saugstutzen des großen Rohres an eine schwache Vacuumpumpe angeschlossen. Dadurch wird in den einen Schenkel des T-Rohres Repellentduft, also Kik in *reiner Gasform*, in den andern dagegen nur Luft eingesogen; die eine Hälfte des Rohres steckt somit unter Repellenteinfluß, die andere dagegen unter normaler Luft. Die Luft wird durch die dem T-Rohr vorgesetzten Warmwasserflaschen gewärmt und feucht gehalten, so daß eine ganz ähnliche Verdampfung des Kik-Belages erhalten wird, wie sie auf der Menschenhaut vorliegt. Andererseits sind diese Bedingungen auch sehr günstig für die Aktivität der Versuchstiere.

Vor Versuchsbeginn läßt man die Insekten sich möglichst gleichmäßig im Rohr verteilen, indem dieses diffus beleuchtet wird, um so alle phototaktischen Reaktionen auszuschalten. Nach Öffnen der Saugpumpe werden dann in verschiedenen Zeitabständen die im «Repellentrohr» befindlichen Tiere gezählt und gleichzeitig ihr Verhalten beobachtet. Als Vorversuch saugt man beidseitig in das T-Rohr reine Luft ein, um die Tiere im normalen Luftstrom zu kontrollieren. In den hier verwendeten, schwachen Luftströmen verhielten sie sich im normalen, repellentfreien Luftstrom genau gleich wie in stehender Luft. Wenn also im eigentlichen Versuch Reaktionen eintraten, dann müssen sie auf die ausschließliche geruchliche Wahrnehmung des Repellent gebucht werden. Nach jedem Versuch wurde das Rohr mit heißem Wasser gründlich gereinigt.

a) *Versuche mit Fliegen* (*Musca domestica* und *Stomoxys calcitrans*).

Für jede Fliegenart wurden an verschiedenen Tagen je 4 Versuche durchgeführt, wobei jedesmal 50 frische Tiere im Alter von 4—5 Tagen Verwendung fanden.

Nach Öffnen der Saugpumpe tritt bei *Musca* sofort eine auffallende und starke Erregung im Kik-Strom ein. Die Tiere schrecken auf, eilen nach allen Seiten und versuchen wegzufliegen, doch klingt diese erste Erregung ziemlich rasch wieder ab. Im normalen Luftstrom ist keine Reaktion zu beobachten. Dann beginnt in der Kik-Atmosphäre eine langsame und gerichtete Abwanderung in den normalen Luftstrom, die nach etwa 10 Minuten zum Stillstand kommt. Die Abwanderung geschieht nicht fluchtartig, sondern ziemlich langsam. Es kam auch vor, daß abgewanderte Fliegen

sich für kurze Zeit von Neuem in den Kik-Strom begaben, dann aber wieder in den normalen Luftstrom zurückkehrten. In keinem der Versuche gelang es alle *Musca* aus der Kik-Atmosphäre herauszutreiben, auch nach längerer Dauer nicht. Es verbleiben immer einige bis mehrere Tiere im Repellentstrom.

In der normalen Luft angelangt, putzen die Fliegen ihren ganzen Körper gründlich und lange; dann aber verhalten sie sich normal und ruhig wie diejenigen Tiere, die sich nie im Kik-Strom befunden hatten.

Bei *Stomoxys* trat im Kik-Strom eine sofortige, starke Aufregung und eine augenblickliche Fluchtreaktion ein; schon nach $\frac{1}{2}$ —1 Minute waren 70%—80% aller Fliegen im Repellent-freien Rohrteil zu finden. Im Gegensatz zu *Musca* hatte man den Eindruck einer sofort einsetzenden, intensiven Flucht. Eine Einwanderung von Fliegen aus der normalen Luft in die Kik-Atmosphäre konnte nie beobachtet werden; dagegen sah man häufig, wie Fliegen, die sich im normalen Rohrteil befanden, an der Grenze rasch umkehrten und in die saubere Luft zurückliefen.

Die aus der Kik-Atmosphäre geflüchteten Fliegen beruhigten sich in der normalen Luft ziemlich rasch und begannen intensiv und in der ersten Zeit fast aufgereggt den ganzen Körper zu putzen.

Bei einem Versuche mit *Dimethylphthalat* zeigten sich bei *Musca* keine Reaktionen. Die Tiere verblieben im ganzen Rohr gleichmäßig verteilt. Auch Putzreflexe traten keine auf. *Stomoxys* dagegen reagierte in gleicher Weise wie auf Kik, indem auch hier sofort starke Fluchtreaktionen zu beobachten waren. Bei *Musca* wird das *Dimethylphthalat* offenbar nicht, bei *Stomoxys* dagegen deutlich als Repellent empfunden.

Die Versuche zeigen, daß sowohl *Musca*, wie auch *Stomoxys* durch Kik in Gasform zu einer mehr oder weniger raschen Flucht veranlaßt werden und daß die Tiere in der Repellent-freien Luft anhaltend starke Putzbewegungen ausführen. Dieser Putzreflex deutet nach der Auslegung von SZIMANSKI darauf hin, daß die Tiere in der Repellentatmosphäre allseitig störende Sinnesreizungen erhielten, deren sie sich durch das Putzen zu entledigen versuchen. Welche Sinnesorgane dabei hauptsächlich in Mitleidenschaft gezogen werden, konnte durch diese Versuchsanordnung nicht ermittelt werden.

b) Versuche mit Stechmücken (*Aedes aegypti* und *Culex pipiens*).

Bei jedem Versuch verwendeten wir 50 Mücken, unter welchen die Weibchen überwogen; die Männchen machten im Maximum 10—15% aus. Die Versuche wurden 4mal an verschiedenen Tagen durchgeführt.

Bei beiden Mückenarten zeigten sich nach Einschalten des Luftstromes in demjenigen Schenkel, der an den Kik-Belag angeschlossen war, eine sofortige Aufregung und starke Fluchtreaktion in Richtung des normalen Luftstromes. Nach 30 Sekunden befanden sich zwischen 65% und 85% der Mücken im Kik-freien Schenkel und nach 10 Minuten waren es schon 90—100%. Die Flucht geschah in der Regel im Flug. Im Rohrteil mit normaler Luft angelangt, zeigten die Mücken noch längere Zeit eine leichte Aufregung, die sich z. T. auch auf diejenigen Tiere übertrug, die sich überhaupt nie im Schenkel mit Kik-Gas befunden hatten. Besonders auffallend war dieses Verhalten bei *Culex pipiens*. Nachher trat bei den geflüchteten Tieren ein starker Putzreflex auf, der bis zu 2 und mehr Minuten andauern konnte. Die Mehrzahl der Tiere, die nach einer Versuchsdauer von 10 Minuten noch im Kik-Rohr verblieben, waren jeweils Männchen; auch bei der Flucht reagierten sie nicht so rasch wie die Weibchen. Diese wenigen, zurückbleibenden Tiere zeigten im Kik-Strom eine mehr oder weniger starke Aufregung; viele von ihnen fielen bis zum Versuchsende auf den Rücken und starben später.

Die Versuche mit *Dimethylphthalat* ergaben keine merkliche Aufregung noch eine Fluchtreaktion. Dieses Verhalten der Mücken stimmt überein mit den Ergebnissen der Freilandversuche (S. 302), indem auch dort weder ein Vergrämen noch eine Distanzwirkung beobachtet werden konnte.

c) *Versuche mit Rhodnius prolixus.*

Sobald man das Kik in den einen Schenkel des T-Rohres einströmen ließ, machte sich bei den *Rhodnius*-wanzen eine leichte Aufregung bemerkbar. Vereinzelte Tiere machten Anstalten zu Fluchtbewegungen, die meisten aber saßen still. Nach 1—2 Stunden konnte man im Verhalten der Tiere in beiden Schenkeln des T-Rohres keinerlei Unterschiede mehr feststellen. Das Kik besitzt somit gegenüber *Rhodnius* in Gasform keine deutlich wahrnehmbare Repellentwirkung.

Die gleichen Versuche mit *Dimethylphthalat* lösten sofort nach Versuchsbeginn eine deutliche Aufregung und eine ziemlich starke Fluchtreaktion aus. In keinem der 4 Versuche flohen aber alle Wanzen aus dem Repellentstrom, sondern 30%—45% der Tiere blieben sitzen und verhielten sich nach 2—3 Minuten wieder ganz normal.

d) *Versuche mit Bettwanzen.*

Weder mit Kik noch mit *Dimethylphthalat* konnten wir in den T-Rohr-Versuchen irgendeine Reaktion feststellen. Dies deutet darauf hin, daß die Bettwanze die beiden verwendeten Repellents in der Gasphase nicht als unangenehm empfindet. Die Wirkung des

Kik scheint somit bei den Wanzen nicht auf Wahrnehmung seiner Geruchskomponente zu beruhen, sondern, wie wir früher sahen (S. 318) wohl hauptsächlich auf tactilen Reizen.

e) *Versuche mit Kleiderläusen.*

Auch hier konnten weder mit Kik noch mit Dimethylphthalat irgendwelche Reaktionen festgestellt werden. Wir haben möglicherweise ähnliche Verhältnisse wie bei der Bettwanze, die nach SIOLI kein sehr empfindliches Geruchsvermögen hat, sondern in der Hauptsache vermittelst ihrer Wärmerezeptoren zum Wirt geleitet wird.

Ergebnisse: Durch die T-Rohr-Versuche konnte gezeigt werden, daß Kik gegenüber *Musca*, *Stomoxys*, *Aedes* und *Culex* auf rein geruchlicher Basis eine beträchtliche Repellentwirkung auszuüben vermag. Bei *Rhodnius* kann eine geringe Wirkung festgestellt werden, während Bettwanzen und Kleiderläuse auf Kik-Geruch nicht reagieren. Welche Geruchssinnesorgane der erstgenannten Insekten das Kik perzipieren, Antennen oder verstreut liegende Sinneszellen, konnte durch diese T-Rohr-Versuche nicht ermittelt werden. In weiteren Experimenten (Abschnitt 2) suchten wir durch Ausschalten der Antennen und Beobachtung der möglicherweise auftretenden Ausfallserscheinungen der Lösung dieser Frage näher zu kommen.

2. «T-Rohr»-Versuche mit fühlerlosen *Musca* und *Stomoxys*.

Das Entföhren der Versuchstiere geschah auf folgende Weise: Die Fühler der leicht narkotisierten Fliegen werden mit einer feinen Pinzette gefaßt und mit einem raschen Ruck abgerissen. Es wurde darauf geachtet, daß die drei Fühlerglieder wirklich restlos entfernt, d. h. direkt an der Basis abgerissen wurden. Die entföhnten Tiere sind am ersten Operationstage verhältnismäßig träge, erholen sich dann aber gut und können einige Tage zu Versuchen verwendet werden. Ihre Lebensdauer ist allerdings trotz Nahrungs-aufnahme erheblich kürzer als diejenige von normalen Fliegen.

Das Tiermaterial wurde erst 2 Tage nach der Fühleramputation zu den T-Rohr-Versuchen verwendet (je 4 Versuche mit 50 Fliegen).

Während im unvergasten Rohrteil die Fliegen ruhig an den Glaswänden sitzen und durch den Luftstrom in keiner Weise gestört werden, tritt sofort nach Einlassen des Kik-Gases sowohl bei *Musca* wie bei *Stomoxys* im entsprechenden Schenkel eine starke Aufregung ein. Die Tiere laufen auf und ab und hin und her, je-

doch ist eine gerichtete Fluchtreaktion, wie sie bei den normalen Tieren eintritt, nicht zu erkennen. Die überwiegende Mehrzahl der Tiere verbleibt in der Kik-Atmosphäre. Nach 2—3 Minuten klingt das aufgeregte Umherlaufen langsam ab und an seine Stelle tritt ein intensiver, allgemeiner Putzreflex. Bis zum Abbruch des Versuches wird der ganze Körper ausgiebig mit Hilfe der Beine geputzt. Auch nach Ausschalten des Kik-Stromes und Ersatz desselben durch normale Luft, hält dieses Verhalten noch 1—2 Minuten an. Dann hört es langsam auf, worauf die Fliegen, wie im anderen reinen Schenkel, meist ruhig dasitzen.

Aus diesem unterschiedlichen Verhalten der normalen und der entföhrlerten Fliegen dürfen wir den Schluß ziehen, daß bei der Wahrnehmung des gasförmigen Repellents die Fühler eine erhebliche Rolle spielen, indem ihr Fehlen eine *gerichtete Flucht* verunmöglicht. Vermutlich ist es den Fliegen ohne Antennen nicht mehr möglich die Richtung, aus welcher die Repellentgase auf sie zuströmen, festzustellen, während die normalen Tiere diese erkennen und deshalb zielgerichtet gleichsinnig mit dem Duftstrom fliehen um so aus der Repellentatmosphäre herauszugelangen⁶.

Ferner weist das Verhalten der entföhrlerten Fliegen darauf hin, daß die *Antennen nicht allein für die Perzeption des Repellent* verantwortlich sind, da durch die Repellentgase offenbar auch *andere, über den Fliegenkörper verteilte Sinneszellen gereizt worden sind*; denn nur so ist es zu erklären, daß entföhrlerte Fliegen durch aufgeregtes Umherlaufen auf den Kik-Strom reagierten, und sich später ausdauernd putzten. Bei den entföhrlerten Tieren unterbleibt nur die gerichtete Fluchtreaktion, während das übrige Verhalten demjenigen normaler Tiere entspricht⁷.

C. Versuche zur Prüfung der tarsalen Wirkung des Kik.

In Labor- und Freilandversuchen konnten wir häufig beobachten, daß die anfliegenden Insekten nach momentanem Absitzen die

⁶ Als eine Stütze für diese Anschauung können noch folgende Beobachtungen angeführt werden: Setzt man normale *Musca* oder *Stomoxys* in einem Drahtgazekäfig einem einseitigen Luftstrom aus (Föhn), so stellen sie fast unmittelbar das Herumfliegen ein und sitzen still an Wänden oder Boden, streng ausgerichtet *gegen* den Strom. Entföhrlerte Tiere zeigen ein deutlich anderes Verhalten. Nur wenige sitzen still und richten sich *gegen* den Strom, öfters aber eher zufällig und langsam. Die meisten suchen durch seitliches Weglaufen oder durch Wegfliegen aus dem Luftstrom-Bereich zu entweichen. Einige reagieren überhaupt nicht und bleiben trotz dem Strome in derjenigen Lage, in der sie sich zufällig befinden. Diese Beobachtungen lassen darauf schließen, daß die Antennen für die Richtungs-Perzeption strömender Gase in erheblichem Grade verantwortlich zu machen sind.

⁷ Ähnliche Versuche mit *Culex pipiens* und *Aedes aegypti* hatten keinen

mit Kik behandelte Stelle wieder verließen und die Flucht ergriffen, wenn nur die Beine, d. h. die letzten Tarsenglieder mit der Repellenthaut in leise Berührung gekommen waren. Diese Beobachtungen schienen darauf hinzuweisen, daß das Kik möglicherweise auch durch die Tarsenglieder wahrgenommen wird. Auf verschiedene Weise versuchten wir die Bedeutung der Tarsen bei der Reizrezeption des Kik festzustellen.

1. Verhalten der Tiere beim Ueberschreiten einer «Kik-Barrière».

Auf einer Glasplatte, die auf 32° C erwärmt wurde, wird ein Ring von 10 cm Durchmesser und einer Breite von 2 cm gezogen. In diesen Ring wurde 0,1 ccm Kik-Substanz gestrichen, was etwa der Menge entspricht, die man normalerweise auf eine etwa gleich große Hautfläche aufgetragen hätte.

In die Mitte des Ringes brachte man die Versuchstiere (fliegende Insekten wurden entflügelt) und beobachtete dann ihr Verhalten, wenn sie mit der Kik-Substanz in Berührung kamen. Das Kik wurde in Ringform aufgetragen, weil die Versuchstiere in der Regel in keiner bestimmten Richtung davon liefen. Durch den Ring konnte man sie daher *zwingen*, irgendwo mit der Kik-Substanz in *tarsale Berührung* zu kommen.

a) Versuche mit *Musca domestica*.

Nur beim Betreten eines ganz frischen Kik-Belages schreckten die entflügelten *Musca* deutlich zurück, dann aber durchschritten sie ihn ohne zu zögern. Nach dem Durchqueren war ein auffallend kräftiges und langanhaltendes Beineputzen festzustellen.

In einer Zwangslage ist bei *Musca* die Tendenz wegzulaufen offenbar stärker als die unangenehme Reizwirkung des Kik, die an den Tarsen beim Betreten des Belages empfunden wird. Das kurze Zurückschrecken beim Betreten des Kik-Ringes und die nachfolgenden Putzreflexe können jedoch als spontane Repellentreaktion gewertet werden.

b) Versuche mit *Stomoxys calcitrans*.

Stomoxys überschreitet selbst einen frischen Kik-Belag ohne sichtbare Schreckwirkung. Die *tarsale* Reizwirkung des Kik ist

Erfolg. Die Amputationen gelingen zwar ohne weiteres, die Mücken erwiesen sich jedoch nachher als geh- und flugunfähig. Das Fehlen der im Verhältnis zum Körper sehr großen und schweren Antennen scheint den Gleichgewichtszustand der Tiere derart zu stören, daß sie zu den Versuchen nicht zu gebrauchen waren. So konnte die Bedeutung der Antennen für die Perzeption des Kik-Gases bei den genannten Mücken experimentell nicht untersucht werden.

demnach sehr gering. Außerhalb des Ringes treten nur schwache Putzreflexe auf. Noch ausgesprochener als bei *Musca* tritt bei *Stomoxys* die Fluchttendenz in den Vordergrund und überdeckt die durch die tarsale Reizung hervorgerufene Reaktion.

c) *Versuche mit Rhodnius prolixus.*

Die *Rhodnius*-wanzen durchschreiten einen frischen Kik-Belag ohne jegliches Anzeichen einer durch die tarsale Berührung bedingten Schreckwirkung. Sie können durch eine Kik-Barrière nicht von ihrem Abwandern zurückgehalten werden.

d) *Versuche mit Bettwanzen.*

Nachdem die Tiere innerhalb des Ringes eingesetzt sind, trachten sie sofort zu entfliehen und die «Kik-Barrière» zu überschreiten. Haben sie aber mit den Vorderbeinen den Belag nur ganz kurz berührt, so schrecken sie augenblicklich heftig zurück und laufen eine kurze Strecke rückwärts. Dann versuchen sie kurz darauf von neuem den Belag zu überqueren. Bei einem bis zu 3 Stunden alten Belag kann es 5—6 Minuten dauern, bis die Tiere endlich wagen, den Belag zu durchqueren. Vorher trachten sie immer wieder danach über den Kik-Ring hinwegzulaufen, schrecken aber stets von neuem wieder zurück. Der Kik-Belag auf Glas hat demnach gegenüber Wanzen eine auffallend starke bis zu 48 Stunden andauernde Schreckwirkung.

Bei den Bettwanzen scheint das Kik somit eine ausgesprochene tarsale Reizung hervorzurufen, eine Beobachtung, die übereinstimmt mit den Ergebnissen der früher mitgeteilten Kastenversuche (S. 318⁸).

Zusammenfassend stellen wir fest, daß bei zwangsweiser tarsaler Berührung mit einem Kik-Belag je nach dem Versuchstier eine mehr oder weniger starke Schreckwirkung eintritt. Außer bei *Cimex* ist die Tendenz abzuwandern jedoch stärker als die durch die tarsale Berührung mit dem Belag hervorgerufene und als unangenehm empfundene Reizwirkung.

2. *Versuche mit tarsenlosen Tieren.*

In diesen Versuchen sollte geprüft werden, ob nach Ausschaltung der Tarsenendglieder gewisse Ausfallserscheinungen im Ver-

⁸ Entsprechende Versuche mit Kleiderläusen und *Ixodes*-Junglarven ließen sich nicht durchführen, da die Tiere im Kik-Belag kleben blieben. Auch die Versuche mit *Aedes* hatten keinen Erfolg, da die entflügelten Tiere im Gehen stark behindert waren und sich auch sonst nicht normal verhielten.

gleich mit Normaltieren auftreten, die vielleicht gewisse Rückschlüsse auf die tarsale Reizrezeption des Kik zulassen. (Versuche wurden nur mit *Musca* und *Stomoxys* durchgeführt.)

a) *Versuche mit Musca domestica.*

Mit einer scharfen Schere wurden den leicht narkotisierten Versuchstieren die Tarsenendglieder abgeschnitten oder mit Celluloselack überklebt. Die Fliegen befanden sich in einem Käfig von $14 \times 30 \times 36$ cm. Frühestens 24 Stunden später wurden die ersten Versuche durchgeführt. Es kamen *Musca* zur Prüfung ohne Tarsen der Vorderbeine, ohne Tarsen der Mittelbeine, ohne Tarsen der Hinterbeine und endlich ohne Tarsen sowohl der Vorder- wie der Hinterbeine. Die Lebensweise solcher tarsenloser Fliegen mit noch mindestens 2 unversehrten Beinen unterschied sich nicht wahrnehmbar von Normaltieren. Das bereitgestellte Zuckerwasser wurde angegangen und häufig konnten auch kopulierende Tiere beobachtet werden. Durch die seitliche Schiebetüre wurde der Handrücken geboten, der jeweils gründlich mit Kik eingerieben wurde. Es wurde das Verhalten von normalen und «tarsenlosen»⁹ *Musca* verglichen gegenüber einer unbehandelten Hand und dieses wiederum mit ihrem Verhalten gegenüber einer Kik-Hand im Laufe von 0–4 Stunden nach dem Anstrich. Während je 1–2 Minuten wurde gezählt, wieviele Tiere auf dem gebotenen Handrücken umherliefen und wie viele augenblicklich wieder die Flucht ergriffen.

Es zeigte sich, daß ein unbehandelter Handrücken für normale und «tarsenlose» *Musca* in gleicher Weise attraktiv ist. Kaum wird die Hand in den Käfig gehalten, wird sie auch schon eifrig angeflogen, wobei fast alle *Musca* längere Zeit und meist rüsselnd auf der Haut umherlaufen und nur vereinzelt sofort wieder abfliegen (Tab. X).

Einer Kik-Hand gegenüber verhalten sich die «tarsenlosen» *Musca* im Ganzen ähnlich wie Normal-*Musca*. Ein 0–1stündiger Belag wird von ihnen jedoch etwas stärker gemieden als von Normal-*Musca*, indem eine *größere Zahl der anfliegenden «tarsenlosen» Tiere* jeweils sofort wieder die Flucht ergreift als bei den normalen (Tab. X). Bei einem 3stündigen Belag ist dieser Unterschied nicht mehr festzustellen. Ein 4stündiger Belag hat keine Repellentwirkung mehr und wird angeflogen wie eine unbehandelte Kontrollhand. Da die Zahlenwerte, die bei den Versuchen mit *Musca* ohne Tarsen der Vorderbeine, der Mittelbeine, der Hinter-

⁹ Der Einfachheit halber bezeichnen wir mit «tarsenlosen» *Musca* solche, denen 2–4 Tarsen-Endglieder fehlen.

TABELLE X.
«Tarsenlose» *Musca domestica*.

Versuchsperson L. Geboten Handrücken. Dauer des Einzelversuches 1—2 Min.
Anzahl der Versuche 4.

| Zeit nach Kik- Anstrich | Normale <i>Musca</i> | | «Tarsenlose» <i>Musca</i> (2—4 Tarsen-Endglieder entfernt) | |
|-------------------------------|---|------------|---|----------|
| | Normal-Hand | Kik-Hand * | Normal-Hand | Kik-Hand |
| | Verhalten der reagierenden Tiere in %**. (In () absolute Zahl) | Laufen | Verhalten der reagierenden Tiere in %**. (In () absolute Zahl) | Laufen |
| 5—10 Minuten | | 37% (95) | | 18% (55) |
| 1 Stunde | 95%—100% | 67% (96) | 95%—100% | 39% (76) |
| 2 Stunden | | 79% (33) | | 67% (82) |
| 3 Stunden | | 72% (29) | | 79% (72) |
| 4 Stunden | | 95% (22) | | 95% (98) |

* Vergleicht man den %-Anteil der auf der Kik-Hand laufenden normalen *Musca* mit dem bei entsprechender Zeit auf dem Kik-Arm laufenden (Tab. II, zweitletzte Kolonne), so zeigt sich eine deutlich geringere Repellentwirkung der Kik-Hand. Es mag dies zwei Ursachen haben: relativ stärkere Attraktion der Hand infolge stärkerer Geruchs- und Wärmereize und gleichzeitig raschere Resorption des Kik durch die Haut.

** Zu 100% ergänzt, ergibt den Anteil der nach momentanem Absitzen sofort wieder wegfliegenden Tiere.

beine oder Vorder- und Hinterbeine gewonnen worden sind, gut übereinstimmen, sind sie in Tabelle X in einer gemeinsamen Kolonne gegeben. Aus den eben besprochenen Versuchen ist zu schließen, daß die *Tarsen nicht ausschlaggebend, sondern höchstens mitbeteiligt sein können an der Wahrnehmung des Kik*; denn wäre das Erstere der Fall, so hätten die «tarsenlosen» *Musca* eine Kik-Hand nicht in gleichem Maße abschreckend empfinden müssen wie Normal-*Musca* (d. h. entsprechend dem teilweisen Verlust der Tarsen hätte eine prozentual etwas weniger häufige Flucht auf der Kik-Hand festgestellt werden sollen). Dies war aber nicht der Fall, ja bei einem frischen Kik-Belag trat sogar das Gegenteil ein.

Wie läßt sich dieser letzte, etwas überraschende Befund deuten? Das Verhalten von *Musca* gegenüber einer Kik-behandelten Haut läßt sich ganz allgemein zurückführen auf die Stärke der *Attraktiv-Reize* (Anblick, Geruch, Geschmack) im Verhältnis zur Stärke der *abstoßenden Repellent-Reize*. Je mehr die ersten überwiegen, desto mehr der reagierenden Tiere werden sich auf der Hand niederlassen und desto weniger die Flucht ergreifen. Werden nun die Tiere beispielsweise eines Teils ihrer die Attraktivreize aufnehmenden Sinnesorgane beraubt, so werden sie die abstoßenden Repellentreize *relativ stärker* empfinden und durch intensivere Flucht beantworten. In unserem Falle müßte man dann annehmen, daß die in den letzten Tarsengliedern gelegenen

Sinnesorgane für Attraktivreize diejenigen für Rezeption von Repellentreizen an Bedeutung übertreffen.

Leider ist es nicht gelungen, die eben besprochenen Versuche mit Tieren durchzuführen, die fünf oder sogar aller sechs Tarsenendglieder beraubt waren. Zweifellos hätten diese Versuche am einwandfreisten den Anteil der Tarsen an den Rezeption des Kik ergeben. *Musca*, denen 5 Tarsen entfernt worden waren, können sich dank der letzten erhalten gebliebenen Pulville noch an einer senkrechten Glaswand oder einem Drahtgitter festhalten. Sie sitzen meist träge still und fliegen nur für kurze Zeit, wenn sie aufgescheucht werden. Eine in den Kasten gehaltene Hand wird in den ersten 1—2 Minuten angeflogen, aber dann erlahmt das Interesse rasch und die *Musca* sitzen wieder träge an den Wänden oder am Boden. Infolgedessen führten vergleichende Versuche mit einer Kik-Hand zu keinem Ergebnis, da die Zahl der reagierenden Tiere zu klein war. *Musca*, denen alle 6 Tarsenendglieder fehlten, waren für die in Frage kommenden Versuche gänzlich unbrauchbar. Da sie sich wegen der fehlenden Haftlappen an senkrechten Wänden nicht mehr halten können, sitzen sie meistens am Boden, wo sie jedoch häufig das Gleichgewicht verlieren und auf den Rücken fallen. Werden sie aufgescheucht, so fliegen sie den Wänden nach aufwärts, in etwas taumelndem Fluge. Eine in den Kasten gehaltene Hand, die von normalen *Musca* und solchen, die mindestens 2 intakte Beine besitzen, sofort angeflogen wird, übt auf die tarsenlosen Tiere keine Anziehung aus und wird nicht angegangen. So fiel die Durchführung der Versuche von vorneherein dahin.

Aus dem Verhalten dieser gänzlich tarsenlosen *Musca* darf wohl geschlossen werden, daß den Tarsen für eine koordinierte Rezeption der hier in Frage kommenden Attraktivreize tatsächlich eine wichtige Rolle zukommt; aus den oben angeführten Versuchen dagegen ist zu folgern, daß 2 intakte Tarsenendglieder offenbar noch genügen für eine den normalen *Musca* ebenbürtige (zumindest nicht feststellbar reduzierte) Sinnesleistung.

b) Versuche mit *Stomoxys calcitrans*.

Diese Versuche sollen nur kurz behandelt werden, da sie zu keinem Ziel zu führen vermochten. Soweit sich aus den allerdings nicht sehr zahlreichen Versuchen ergab, scheint bei *Stomoxys* mit maximal 4 fehlenden Tarsenendgliedern, im Vergleich zu normalen Tieren, gegenüber einer Kik-Hand kein wesentlicher Unterschied zu bestehen. Mit zunehmendem Alter nimmt die Repellentwirkung des Kik-Belages allmählich ab, um nach einigen Stunden ganz zu verschwinden. *Stomoxys*, denen die Tarsen der *Vorderbeine* fehlten, konnten aus einem äußeren, rein «mechanischen» Grunde zu den vergleichenden Versuchen nicht verwendet werden. Wohl setzten sie nach dem Rüsselstrecken wie normale Tiere zum Stechakt an; dieser wurde aber nie effektiv, da infolge der fehlenden Haftlappen der Vorderbeine kein Widerhalt bestand, so daß das Eindringen des Stechrüssels in die Haut verunmöglicht wurde. Infolgedessen konnte bei diesen Tieren nicht unterschieden werden zwischen «nur» Rüsselstrecken und wirklichem Stichversuch oder Stich, was für eine genaue Beurteilung der jeweiligen Repellentstärke notwendig gewesen wäre.

Erwähnenswert ist noch das Verhalten von *Stomoxys*, denen alle 6 Tarsenendglieder fehlten (Amputation oder Celluloselack-Ueberzug). Aehnlich wie die tarsenlosen *Musca* waren sie wenig reaktionsfähig. Ihr etwas taumelnder Flug machte einen irgendwie «undisziplinierten», wenig zielgerichteten Eindruck. Am Boden sitzende Tiere fielen oft auf den Rücken und hatten dann Mühe, sich wieder aufzurichten. Eine dargebotene Hand wurde nie spontan angeflogen. Einige Tiere konnten auf der Handinnenseite «gefangen» werden. Von diesen

insgesamt 21 Tieren machten 9 spontane Stichversuche (die allerdings infolge des fehlenden Widerhaltes nicht effektiv wurden). Aus diesem Verhalten ist zu schließen, daß die das Rüsselstrecken und die Stechreaktion hervorrufenden Nah-Attraktivreize (Wärme und Geruch) auch von tarsenlosen *Stomoxys* perzipiert werden, während die koordinierte Reaktion auf Fernreize, ähnlich wie bei *Musca*, Schaden gelitten zu haben scheint (kein spontanes Anfliegen der Hand). Wie bei *Musca* genügen aber offenbar 2 erhalten gebliebene Tarsenendglieder, um keine wesentlichen Ausfallserscheinungen in der Sinnesleistung der Stechfliegen aufkommen zu lassen.

Ergebnis: Die Versuche mit tarsenlosen Fliegen (*Musca* und *Stomoxys*) zeigten in der Frage nach der tarsalen Wirkung des Kik keine wichtigeren Resultate. Bei *Musca* scheinen tarsale Reizungen bei der Wahrnehmung des Kik mitbeteiligt zu sein, was in Einklang steht mit ihrem Verhalten gegenüber einer «Kik-Barrière» (S. 330).

Zusammenfassend ergibt sich aus unseren sinnesphysiologischen Versuchen, daß das Kik offenbar mit sehr verschiedenen Sinnesorganen wahrgenommen wird: Fühler, Tarsen und zerstreut liegende Sinneszellen. In dieser Dezentralisation der Geruchs- und Geschmacksorgane scheint uns vor allem der Grund zu liegen, weshalb es uns nicht gelang, den Wirkungsmechanismus des Repellent Kik lückenlos abzuklären.

D. Weitere sinnesphysiologische Untersuchungen mit fühlertlosen *Musca domestica* und *Stomoxys calcitrans*.

Die folgenden Versuche wurden ursprünglich unternommen, um weitere Anhaltspunkte über die das Kik perzipierenden Sinnesorgane zu erhalten. Leider ergaben sich in dieser Hinsicht keine wichtigeren Resultate. Dagegen konnten verschiedene interessante Beobachtungen von allgemein sinnesphysiologischer Bedeutung gemacht werden, die nun hier am Schlusse unserer Ausführungen mitgeteilt werden sollen. Es handelt sich dabei um das Verhalten von *Musca* und *Stomoxys* einer menschlichen Hand gegenüber, die für diese Tiere verschiedene ausgesprochene Attraktiv-Reize aufweist (Anblick, Geruch, Wärme). Aus dem Vergleich mit dem Verhalten von fühlertlosen Tieren wurde versucht, indirekt über die Leistung der Antennen etwas Genaueres in Erfahrung zu bringen.

Im Insektenfühler finden sich bekanntlich zahlreiche Sinneszellen in mannigfaltiger Form und Ausbildung. Neben einfach gebauten, einzelstehenden Sinnesstiften oder Sinneskegeln finden sich auch zusammengesetzte Organe (Porenplatten, Geruchsgruben), die häufig einen recht komplizierten Bau aufweisen. Bei

Musca und Stomoxys findet man einfache und zusammengesetzte Sinnesorgane in großer Zahl auf dem letzten der drei Antennenglieder. Sie werden im allgemeinen als Geruchsrezeptoren ange- sprochen.

Die Vermutung, daß bei Musca und Stomoxys außerdem auch Wärmereize durch die Antennen aufgenommen werden, wie dies bei anderen Insekten experimentell schon festgestellt worden ist, konnte durch unsere Versuche für Stomoxys bestätigt werden. Es scheint jedoch, daß die Fühler nicht die einzigen Träger von Geruchs- und Wärmerezeptoren sind, indem auch die Sinnesleistungen der anderen über den Insektenkörper verstreuten Poren in Betracht gezogen werden müssen, wie für die Schweinelaus (WEBER), für gewisse Heuschrecken und Blattwanzen (HERTER, GEIST) und für verschiedene andere Insekten (MCINDOO) schon früher festgestellt worden ist.

1. Versuche mit Musca.

Laufen Fliegen auf menschlicher Haut, so sind immer eine gewisse Zahl von Tieren darunter, die ihren Rüssel strecken und während dem Laufen lebhaft rüsselnd die Haut betupfen. Das Rüsselstrecken steht in engem Zusammenhang mit der Aufnahme gewisser Reize, hauptsächlich durch die tarsalen Sinnesorgane (MINNICH, DEONIER and RICHARDSON). Auf einer Hand, die in den mit Musca besetzten Kasten gehalten wurde, rüsselten von 20 anfliegenden Tieren einmal nur eine, an einem anderen Tage fast die Hälfte und an einem dritten Tage fast alle. Die Zahl der rüsselnden Tiere hängt offenbar davon ab, in welchem Maße von ihnen die dargebotene Hand als «sauber» oder aber als weniger «sauber» (d. h. attraktiver) empfunden wird. Entfühlerte Musca, die jeweils gleichzeitig geprüft wurden, flogen die gebotene Hand etwas weniger intensiv an — durch Ausfall der in den Antennen gelegenen Sinneszellen wird die Attraktivwirkung der Hand (Geruch, Wärme) vermutlich um einen gewissen Grad herabgesetzt —, unterschieden sich aber in der Zahl der rüsselnden Tiere nicht wesentlich von normalen Fliegen. Außerdem konnten aber öfters auch einige, manchmal fast die Hälfte der Tiere, bei eifrigem Putzen beobachtet werden.

In weiteren Versuchen wurde der Handrücken mit einer verdünnten Zuckerlösung bestrichen; nach dem Verdunsten des Wassers ließ sich auf der Haut nichts mehr sehen, einzig mit der Zungenspitze konnte eine ganz schwache Süßempfindung wahrgenommen werden. Die anfliegenden Normal-Musca begannen ausnahmslos *alle* sofort eifrig zu rüsseln. Bei den entfühlerten Musca beschäftigten sich einige bis viele unverzüglich und ausdauernd mit

Putzen der Vorderbeine und des Kopfes, später auch der Hinterbeine und Flügel. Was ist aus diesem Verhalten zu schließen?

Putzreflexe können bei den Insekten durch mannigfache Reize hervorgerufen werden. Außer einer wirklich grob sichtbaren Verschmutzung, können auch Druck und Berührung (HOFFMANN) oder Temperaturreize, z. B. rasche Abkühlung oder Wiedererwärmung (SZIMANSKI, WILLE, HERTER, HOFFMANN), ferner Rauch oder gasförmige Chemikalien, in deren Bereich das Insekt gelangt, Putzreflexe auslösen. Auch beim Erwachen aus Aethernarkose oder aus kataleptischen Zuständen können bei vielen Insekten lang andauernde Putzbewegungen beobachtet werden (SZIMANSKI, HOFFMANN, eigene Beobachtungen). Die zur Analyse dieser letzten Erscheinungen von SZIMANSKI geäußerten Worte ergeben, leicht abgeändert, auch eine zwanglose Erklärung für die erwähnten Putzreflexe unserer fühl器losen Musca. SZIMANSKI schreibt: «Im normalen (aktiven) Leben wird der Putzreflex durch die infolge Verunreinigung der Sinnesorgane mangelhaften Rezeptionen der Außenwelt ausgelöst. Im Moment nun, wo ein Tier beginnt, wieder aktiv zu werden, d. h. im Beginn der gesteigerten Motilität, empfängt es infolge der noch andauernden, teilweise herabgesetzten Rezeptionsfähigkeit die Reize der Außenwelt nur mangelhaft, d. h. so, als ob die Sinnesorgane «verunreinigt» wären. Es putzt also die letzteren, ohne etwaige periphere Reizung, «bloß aus inneren Impulsen». Bei unseren fühl器losen Musca wären die Putzbewegungen nicht «bloß auf innere Impulse» zurückzuführen, sondern würden ausgelöst durch die von der Hand ausgehenden Wärme- und Geruchsreize und im zweiten Versuch auch durch die Süßqualität des Zuckers; alle diese Reize können aber infolge des Ausfalls der Antennen-Sinnesleistung nur herabgemindert oder als mangelhaft empfunden werden. Durch eifriges Putzen suchen nun die entföhlerteren Tiere ihre erhalten gebliebenen, «scheinbar unreinigten» Sinnesporen wieder in «normalem Maße» empfänglich zu machen, allerdings ein vergebliches Bemühen.

Der Ausfall dieses Versuches weist darauf hin, daß die Rezeption von Geruchs- und Wärmereizen bei *Musca domestica* offenbar nicht an ein einziges System gebunden ist, sondern daß wir es mit einem komplexeren, vorläufig noch nicht völlig durchschaubaren Geschehen zu tun haben.

Ergänzend sei noch kurz das Verhalten entföhlerter *Musca* gegenüber einer mit Kik behandelten Hand angeführt:

Ein frischer Kik-Anstrich hat für sie eine sehr ausgesprochene Repellentwirkung, deutlich stärker als für normale Tiere. Mit wenigen Ausnahmen (8%) ergreifen alle anfliegenden *Musca* sofort wieder die Flucht (Tab. XI). Mit zu-

nehmendem Alter des Kik-Belages verschwindet diese «Ueberempfindlichkeit» allmählich, und nach 4 Stunden ist keine meßbare Repellentwirkung mehr festzustellen.

Wir haben also ein ganz entsprechendes Verhalten, wie bei den tarsenlosen *Musca*, das auch in ähnlicher Weise gedeutet werden kann: Durch Ausfall der Leistung der in Fühlern gelegenen Sinneszellen zur Rezeption von Attraktivreizen scheint die Wirkung der offenbar auch mit anderen Sinneszellen registrierten Repellentreize relativ stärker geworden zu sein.

TABELLE XI.

Entföhlerete Musca domestica.

Versuchsperson L. Dargeboten Handrücken. Dauer des Einzelversuches 2 Minuten. Anzahl der Versuche 3—4.

| Zeit nach Kik- Anstrich | Normale <i>Musca</i> | | Entföhlerete <i>Musca</i> | |
|-------------------------------|--|----------|--|-----------|
| | Kontroll-Hand | | Kik-Hand | |
| | Verhalten der reagierenden Tiere in %*. (In () absolute Zahl) | | Verhalten der reagierenden Tiere in %*. (In () absolute Zahl) | |
| | Laufen | Laufen | Laufen | Laufen |
| 5—10 Minuten | | 37% (95) | | 8% (39) |
| 1 Stunde | | 67% (96) | | 54% (50) |
| 2 Stunden | 95%—100% | 79% (33) | 95%—100% | 70% (37) |
| 3 Stunden | | 72% (29) | | 83% (30) |
| 4 Stunden | | 95% (22) | | 100% (41) |

* Zu 100% ergänzt, ergibt den Anteil der nach momentanem Absitzen sofort wieder auffliegenden Tiere.

2. Versuche mit *Stomoxys*.

Die Analyse der Ausfallserscheinungen bei fühlertlosen Stechfliegen zeitigte einige interessante Ergebnisse.

Die Hauptnahrung von *Stomoxys* ist Warmblüterblut. Mit ihrem Stechrüssel durchbohren sie die Haut und saugen ihren stark dehbaren Darmtrakt voll. Außerdem werden auch Zuckerwasser oder andere süße Säfte recht gerne aufgenommen. Sehr hungrige oder durstige Stechfliegen gehen sogar reines Wasser an. Zu diesen ihren Nahrungsquellen werden die Stechfliegen durch Wahrnehmung einer ganzen Reihe von Sinneseindrücken hingeleitet (KRIJGMANN). An erster Stelle stehen der Wärme- und der Geruchssinn; im weiteren der Gesichtssinn, dann die Perzeption von Luftströmungen und Feuchtigkeit. Es sind dies alles Reize, die auf *Distanz* wahrgenommen werden können. Sind dann die *Stomoxys* infolge Wahrnehmung dieser Fernreize durch Zuflug an ihre Nahrungsquelle gelangt, so werden sie erneut von Sinnesreizen getroffen:

Geruchseindrücke, die nur bei Nahdistanz wirksam werden, Wärme bei direkter Berührung, evtl. Feuchtigkeit, evtl. tarsale Geschmackseindrücke. Durch Perzeption dieser Reizqualitäten werden die Stomoxys dann veranlaßt, den Rüssel zu strecken, mit darauffolgender Stechreaktion und Saugbewegung (wobei gleichzeitig neue Geschmacksreize auf die Rüsselorgane zur Einwirkung kommen). Die Reaktion einer Stomoxys bei der Blutaufnahme zerfällt somit in vier aufeinanderfolgende Abschnitte: Positive Taxis-Rüsselstrecken-Stechakt-Saugbewegung. Bei Zuckerwasseraufnahme fällt der Stechakt dahin, indem auf das Rüsselstrecken unmittelbar die Saugreaktion folgt. Die Kenntnis dieser Reaktionsfolge war für die Beurteilung unserer Versuche mit entföhrlerten Stomoxys von Wichtigkeit.

Eine dargebotene Hand wird von ihnen ziemlich rasch angeflogen, allerdings nicht ganz so lebhaft und zielgerichtet wie von normalen Tieren. 11% der angehenden Tiere fliegen nach momentanem Absitzen wieder weg (Tab. XII), was gegenüber normalen Stomoxys, die immer erst nach dem Stechakt oder zumindest nach längerem Suchen einer geeigneten Stichstelle wiederum abfliegen, auf eine irgendwie weniger intensiv empfundene Attraktion der Hand schließen läßt. Die auf der Hand sitzenbleibenden fühlerlosen Stomoxys verhielten sich *grundlegend anders* als normale Tiere. Während bei den letzteren unmittelbar oder kurze Zeit nach dem Anfliegen auf die Haut meistens der Rüssel gestreckt und zur Stechreaktion angesetzt wird, behielten die entföhrlerten Stomoxys ihren Rüssel *aufgeklappt* und machten keinerlei Anstalten zu stechen¹⁰. Ein großer Teil von ihnen, etwa die Hälfte, beschäftigte sich mit eifrigem Putzen der Beine, des Kopfes und der Flügel, um nach einiger Zeit ohne weitere Tat wieder abzufliegen.

Versuch einer Analyse dieser Ausfallserscheinungen.

Die menschliche Haut mit ihren vielfachen und schwer definierbaren Attraktivreizen wie Anblick, Geruch, Wärme, evtl. Feuchtigkeit und Geschmack erwies sich als wenig geeignetes Objekt zur

¹⁰ Die Beobachtung, daß entföhrlerte Stomoxys auf einer dargebotenen Hand weder den Rüssel strecken noch Stechreaktionen ausführen, gilt streng genommen nur für Tiere, deren Operation nicht länger als einen Tag zurückliegt. Es wurden 520 solche frisch entföhrlerte Stomoxys daraufhin beobachtet, und in keinem einzigen Fall war ein Herunterklappen des Rüssels festzustellen. Bei Tieren, die vor 2—3 Tagen entföhrlert worden waren, trat vereinzelt ein Rüsselstrecken und eine Stechreaktion auf (von 470 beobachteten Stomoxys bei 26 = 5%—6%). Es wäre möglich, daß diese vereinzelt beobachteten Rüsselreaktionen auf einer teilweisen Funktionsübernahme der Antennen-Sinnesleistung durch gewisse andere Sinneszellen beruhen.

Analyse der Ausfallserscheinungen bei den fühl器losen *Stomoxys*. An Stelle der Hand wurde deshalb eine Glasflasche (Enghalsflasche von 100 ccm Inhalt), die kaltes oder warmes Wasser enthielt, in den Kasten gestellt und das Verhalten normaler und entföhlerter *Stomoxys* beobachtet. Die kalte Flasche wies als einzigen Attraktivreiz ihre Eigenschaft als *neuen, unbekannten Gegenstand* auf, sprach also den *Gesichtssinn* der Tiere an. Die warme Flasche (ca. 35°—40° C) besaß zudem als zweite Attraktion einen starken Wärmereiz.

Bei den Versuchen wurde folgendermaßen vorgegangen: Die kalte Flasche wird in den *Stomoxys*-Kasten gestellt und eine halbe Minute gewartet bis die erste Erregung der Tiere, welche durch das Oeffnen der Schiebetüre und das Erscheinen des ungewohnten Gegenstandes hervorgerufen wird, abgeklungen ist. Dann werden die anfliegenden Tiere während 2—3 Minuten gezählt und ihr Verhalten beobachtet. Nach Ablauf dieser Zeit wird die Flasche herausgenommen, mit warmen Wasser gefüllt und neuerdings in den Kasten geschoben; wieder wird eine halbe Minute gewartet und darauffolgend 2—3 Minuten beobachtet. Dieser Wechsel zwischen kalt und warm wird einige Male wiederholt und dann der Versuch abgebrochen. Es wurden je 5 Versuchsreihen bei normalen und entföhlernten *Stomoxys* durchgeführt. Es fanden öfters wiederholte Anflüge an und desselben Tieres statt, besonders häufig auf der warmen Flasche bei den normalen *Stomoxys*. Alle diese Tiere wurden fortlaufend als neu hinzugezählt, so daß die gegebenen Anflugszahlen nicht genau den absoluten Individuenzahlen entsprechen; die gefundenen Zahlenwerte sind infolgedessen nicht streng mathematisch, sondern eher als *allgemeiner Ausdruck des Beliebtheitgrades*, resp. der Attraktionsstärke, zu werten.

Beispiel mit normalen Stomoxys, gezählt je 2 Minuten:

Kalte Flasche, von 28 Tieren beflogen, meist nach kurzem Verweilen wieder weg, kein Rüsselstrecken, selten wiederholtes Anfliegen. Kein Putzen.

Warm Flasche, von 44 Tieren beflogen, meist länger verweilend mit Rüsselstrecken und Stichversuchen, häufig wiederholtes Anfliegen. Kein Putzen.

Kalte Flasche, von 29 Tieren beflogen, Verhalten wie oben.

Warm Flasche, von 51 Tieren beflogen, Verhalten wie oben.

Durchschnitt kalt: warm = 28,5 : 47,5.

Anflugszahlen aller 5 Versuche 97 : 200.

Beispiel mit entföhrlerten Stomoxys, gezählt je 3 Minuten:

Kalte Flasche, von 15 Tieren beflogen, meist nach kurzem Verweilen wieder weg, kein Rüsselstrecken, selten wiederholtes Anfliegen. Kein Putzen.

Warme Flasche, von 19 Tieren beflogen, meist nach kurzem Verweilen wieder weg, kein Rüsselstrecken, selten wiederholtes Anfliegen, einige putzen Beine und Flügel.

Kalte Flasche, von 19 Tieren beflogen, Verhalten wie oben, zwei Tiere putzen kurz.

Warme Flasche, von 14 Tieren beflogen, Verhalten wie oben, einige putzen Beine und Flügel.

Durchschnitt kalt: warm = 17 : 16,5.

Anflugszahlen aller 5 Versuche 97 : 93.

Das Verhalten der *normalen Stomoxys*, die eine warme Flasche rund doppelt so oft anfliegen wie eine kalte Flasche und nach dem Absitzen zudem intensive Stichversuche machen, zeigt in schöner Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von KRIJGSMANN, daß die Wärme einer der wichtigsten Fern-Attraktivreize für Stomoxys ist und daß sie als Nah-Reiz allein genügt, um ein Rüsselstrecken und Stechreaktionen auszulösen.

Das Verhalten der *entföhrlerten Stomoxys*, die eine *warme Flasche einer kalten nicht vorziehen* (zahlenmäßig gleicher Besuch), berechtigt zu der Folgerung, daß für sie die *Fern-Wärme-reize nicht mehr wirksam werden*. Ein Anflug wird offenbar nur noch durch den ungewohnten Anblick (Gesichtssinn) ausgelöst. Dagegen scheinen die *Nah-Wärmereize noch bis zu einem gewissen Grade perzipiert zu werden*. Dies kann aus dem verhältnismäßig häufigen Putzen der auf der Warmwasser-Flasche sitzenden Tiere geschlossen werden. Bei normalen Stomoxys lösen diese Nah-Wärmereize keine Putzbewegungen aus, bei den entföhrlerten Tieren dagegen werden sie offenbar als unterschwellig oder sonst nicht völlig adaequat empfunden (im Sinne von SZIMANSKI) und infolgedessen mit Putzbewegungen beantwortet. Für ihre Perzeption müssen verschiedene der über den Körper verstreuten Sinnesporen verantwortlich gemacht werden. Es sei daran erinnert, daß auch auf einer dargebotenen Hand ein großer Teil der fühlervollen Stomoxys sich mit eifrigem Putzen beschäftigt, was bei normalen Stomoxys nie der Fall ist. Hier mögen neben der Wärme auch gewisse Geruchsqualitäten auslösend wirken. Im Zusammenhang mit dem Ausfall der Antennen-Sinnesleistung werden diese Reize aber offenbar auch nur gedämpft und herabgemindert empfunden, wo-

durch der Putzreflex ausgelöst wird. Da ferner bei unseren fühlernen Tieren im Unterschied zu normalen Stomoxys kein Rüsselstrecken auftrat, ist zu schließen, daß dieser Reflex normalerweise durch Wärmereize ausgelöst wird, die mit den Antennen perzipiert werden.

Ergänzend sei noch das Verhalten fühlerner Stomoxys gegenüber Zuckerwasser oder auskristallisiertem Zucker angeführt. Zuckerwasser in einem Glasschälchen wird von ihnen normal beflogen; der Rüssel wird augenblicklich heruntergeklappt und Saugbewegungen werden ausgeführt. Ein Handrücken wurde mit Spuren einer verdünnten Zuckerlösung versehen und nach dem Verdunsten des Wassers fühlerner Stomoxys geboten. Ein Teil der anfliegenden Tiere streckte fast augenblicklich den Rüssel und führte Saugbewegungen aus¹¹. Aus diesen Beobachtungen kann zweifellos geschlossen werden, daß das *Rüsselstrecken durch verschiedene Sinnesorgane* gesteuert wird, je nachdem ob es sich dabei um das Auslösen eines *Stechaktes zu Blutaufnahme* oder aber um die *Saugreaktion zur Kohlehydrataufnahme* handelt. Im ersten Fall ist das auslösende Element die mittelst der Antennen perzipierte Wärme, im zweiten Fall die Perzeption des Süßigkeitsgrades vermutlich durch tarsale oder auch andere Sinnesporen.

Aus den angeführten Versuchen und Beobachtungen zeigt sich in noch ausgesprochenerem Maße als bei *Musca* die vielseitige Sinnesleistung, die einer jeden Handlung unserer Versuchstiere zu Grunde liegt.

Abschließend sei noch kurz das Verhalten entföhlerter Stomoxys auf einer mit Kik behandelten Hand angeführt:

Aus den Zahlen der Tabelle XII geht hervor, daß entföhlerter Stomoxys sich einer Kik-Hand gegenüber als wesentlich empfindlicher erweisen als normale Tiere. Noch auf einem 6-stündigen Belag ist die Zahl der sofort wieder die Flucht ergreifenden Stomoxys ganz beträchtlich (20%). Ohne auf Einzelheiten für diese Ueberempfindlichkeit näher einzugehen, sei auf die ganz ähnliche Feststellung bei den tarsenlosen und entföhlernten *Musca* verwiesen. Für Stomoxys kann wohl derselbe Erklärungsversuch in Betracht gezogen werden: Geringere Attraktion der Hand und infolgedessen relativ stärker empfundene Reize. Ein Vergleich zwischen der Anzahl stechender Tiere konnte nicht gezogen werden, da fühlerner Stomoxys, wie wir sahen, auch normalerweise nicht stechen.

¹¹ Ein anderer Teil der Tiere beschäftigt sich mit eifrigem Putzen. Diese Putzreflexe wurden vermutlich ausgelöst, sowohl durch Nah-Wärme-Reize der Hand wie durch die Süßqualität des Zuckers, die von diesen Individuen vermutlich in nur unterschwelliger Stärke empfunden werden.

TABELLE XII.

Entföhlerete *Stomoxys calcitrans*.

Versuchsperson L. Dargeboten Handrücken. Dauer des Einzelversuches 2—3 Minuten. Anzahl der Versuche 2—3.

| Zeit nach Kik- Anstrich | Normale <i>Stomoxys</i> | | | | | | Entföhlerete <i>Stomoxys</i> | | | | | |
|-------------------------------|---|--------|----------------------|---------------------------------|--------|----------------------|--|----------------------|--------|----------------------|----------------------|--|
| | Kontroll-Hand | | | Kik-Hand * | | | Kontroll-Hand | | | Kik-Hand | | |
| | Verhalten der reagierenden Tiere in % (In () absolute Zahl) | | | | | | Verhalten der reagierenden Tiere in %. (In () absolute Zahl) | | | | | |
| | Stich | Laufen | Sofort- abfliegen | Stich oder Stich- versuch | Laufen | Sofort- abfliegen | Laufen | Sofort- abfliegen | Laufen | Sofort- abfliegen | Sofort- abfliegen | |
| 5-10 Minuten | | | | 50% | 70% | 25% (79) | | | | 16% | 84% (92) | |
| 1 Stunde | | | | 3% | 85% | 12% (64) | | | | 43% | 57% (63) | |
| 2 Stunden | 81% | 19% | 0% | 17% | 73% | 10% (54) | 89% | 11% | | 50% | 50% (67) | |
| 3 Stunden | | | | 40% | 60% | 0% (48) | | | | 62% | 38% (52) | |
| 6 Stunden | | | | 38% | 62% | 0% (38) | | | | 80% | 20% (29) | |

* Vergleicht man das Verhalten der normalen *Stomoxys* auf der Kik-Hand mit den entsprechenden Kolonnen von Tab. III, so zeigt sich, daß eine Kik-Hand eine schwächere Repellentwirkung ausübt als ein Kik-Arm. Dies zeigt sich nicht so sehr in der Zahl der stechenden als vielmehr in der Zahl der sofort die Flucht ergreifenden Tiere, die auf dem Kik-Arm bedeutend höher ist (Tab. III, 6. Kolonne). Wie bei *Musca*, wo ähnliches zu beobachten war, mag dies zwei Ursachen haben: stärkere Attraktion der Hand an sich (entsprechend auch höhere Stichquote von 81% (Tab. XII, 1. Kolonne), gegenüber nur 43% auf dem Arm (Tab. III, 3. Kolonne) und gleichzeitig raschere Resorption des Kik durch die Haut der Hand.

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit zerfällt in zwei Teile, einen ersten, in dem über die Anwendung und den Wirkungsbereich des Repellent Kik berichtet wird und einen zweiten, der sich im Zusammenhang mit der Repellentwirkung des Kik mit sinnesphysiologischen Untersuchungen befaßt.

I. Teil.

1. Im Labortest wurden mit *Stomoxys calcitrans*, resp. *Aedes aegypti* eine große Zahl chemischer Reinsubstanzen auf ihre Repellentwirkung gegenüber diesen Blutsaugern geprüft.
2. Die Auswahl der besten Substanzen erfolgte in Mückengebieten im Freiland. Hier wurde das Repellent Kik-Geigy, ein Kombinationspräparat, entwickelt.
3. Die absolut stichfreie Zeit des Kik gegen *Mücken* verschiedenster Art beträgt im Freilandversuche je nach Individuum 4 bis 10 Stunden.