

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

### **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:** 11.01.2026

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

# Beobachtungen und Untersuchungen über den Wirkungsbereich des neuen Repellent «Kik-Geigy».

Von R. WIESMANN und R. LOTMAR.

(Eingegangen am 27. Juni 1949.)

## Inhaltsverzeichnis

### I. Teil

#### Ausarbeitung und Wirkungsbereich des Repellent «Kik»

A. Einleitung . . . . .	293
B. Testmethoden . . . . .	294
C. Freilandversuche mit dem Repellent «Kik» . . . . .	295
1. Entstehungsgeschichte des Kik. Freilandversuche in Argentinien . . . . .	295
2. Kik-Versuche mit Stechmücken in den Neudörfler Sümpfen im Elsaß . . . . .	299
3. Verschiedene Meldungen aus der Praxis . . . . .	300
4. Biologische Beobachtungen über das Verhalten der Mücken gegenüber einem Kik-Belag auf der Haut . . . . .	301
D. Repellentwirkung und Hautresorption . . . . .	303
E. Repellentwirkung des Kik gegenüber verschiedenen anderen Insekten . . . . .	306
1. Versuche mit <i>Musca domestica</i> , <i>Stomoxys calcitrans</i> und <i>Aedes aegypti</i> . . . . .	306
2. Versuche mit <i>Anopheles quadrimaculatus</i> und <i>Glossina palpalis</i> . . . . .	312
3. Versuche mit Tabaniden (Freiland) . . . . .	312
4. Versuche mit <i>Ctenocephalides felis</i> . . . . .	313
5. Versuche mit <i>Pediculus vestimenti</i> . . . . .	315
6. Versuche mit <i>Cimex lectularius</i> . . . . .	317
7. Versuche mit <i>Rhodnius prolixus</i> . . . . .	319
8. Versuche mit <i>Ixodes ricinus</i> -Junglarven . . . . .	321
F. Repellentwirkung des Kik bei Strumpfbekleidung der Haut . . . . .	322

### II. Teil

#### Sinnesphysiologische Untersuchungen

A. Einleitung . . . . .	324
B. Versuche mit Kik in Gasform zur Prüfung der rein geruchlichen Wirkung . . . . .	324
1. T-Rohr-Versuche mit normalen Tieren . . . . .	324
2. T-Rohr-Versuche mit fühl器losen <i>Musca</i> und <i>Stomoxys</i> . . . . .	328
C. Versuche zur Prüfung der tarsalen Wirkung des Kik . . . . .	329
1. Verhalten der Tiere beim Ueberschreiten einer «Kik-Barrière» . . . . .	330
2. Versuche mit tarsenlosen Tieren . . . . .	331
D. Weitere sinnesphysiologische Untersuchungen mit fühl器losen <i>Musca domestica</i> und <i>Stomoxys calcitrans</i> . . . . .	335
Zusammenfassung . . . . .	343
Literatur . . . . .	345

## I. Teil.

### Ausarbeitung und Wirkungsbereich des Repellent «Kik».

#### A. Einleitung.

Unter *Insektenabhaltemitteln oder Repellents* versteht man Substanzen, die, auf die Kleider oder die Haut des Menschen aufgetragen, blutsaugende oder sonst lästige Insekten und andere Arthropoden vom Stechen oder auch von der Annäherung abhalten sollen. Das Problem der Insektenabhaltung von Pflanzen, Mensch und Tier ist schon sehr alt. Eine erste, zusammenfassende Arbeit über diesen Gegenstand schrieb HOWARD (1916), in welcher namentlich die ältere Literatur eingehend besprochen wird. Aus neuester Zeit liegt über das gleiche Thema ein zusammenfassendes Werk von DETHIER (1947) vor.

In den zwanziger Jahren suchte man hauptsächlich Repellents, um sich im Freien gegen Mückenstiche zu schützen. Damals wurden die verschiedensten Pflanzenextrakte und ätherischen Oele in ihrer Abhaltewirkung gegen lästige Mücken und Fliegen geprüft. Es ergaben sich recht gute Anfangserfolge, doch war die Wirkung dieser ersten Mittel im allgemeinen nur von kurzer Dauer. Eine ganz neue Bedeutung bekamen die Repellents während des zweiten Weltkrieges, indem versucht wurde, die in den Tropen kämpfenden Truppen vor den Stichen krankheitsübertragender Moskitos zu schützen. Tausende von synthetisch hergestellten Substanzen wurden in Amerika als Mückenrepellents untersucht. Im Zuge dieser Forschungen wurden als Repellents mit recht guter Dauerwirkung gefunden: Indalon, Rutgers 6—12<sup>1</sup>, 6—22<sup>1</sup>, dann Dimethylphthalat und kurz vor Kriegsende NMRI 448 (oder ZAT)<sup>1</sup> der U.S. Navy.

Diese Produkte haben alle gewisse Nachteile, namentlich kosmetischer Art. Bei den Truppen fällt dies nicht ins Gewicht, dagegen erschwert es im zivilen Gebrauch ihre breite Anwendung. Dimethylphthalat beispielsweise ist als Lösungsmittel für Kunststoffe diesen sehr abträglich; andererseits brennt es stark auf den Schleimhäuten von Mund und Augen. So stellten Repellents mit der gleichen Wirkungsdauer, aber ohne diese Unannehmlichkeiten ein Bedürfnis dar. Von diesem Gesichtspunkt aus begannen wir in Gemeinschaftsarbeit mit den Chemikern unserer Firma an diesem Problem zu arbeiten, um ein gut wirksames, kosmetisch ein-

<sup>1</sup> Rutgers 6—12 = 2-Ethylhexanediol

6—22 = 2 Teile Rutgers 6—12 + 2 Teile Indalon + 6 Teile Dimethylphthalat

NMRI 448 = 2-Phenylcyclohexanol + 2-Cyclohexylcyclohexanol.

wandfreies Repellent zu finden. Einige ergänzende Testversuche wurden später mit dem von uns ausgearbeiteten, fertigen Handelsprodukt «Kik» im Schweizerischen Tropeninstitut unter Leitung von Herrn Prof. RUD. GEIGY durchgeführt; wir möchten ihm und seinen Mitarbeitern für ihre Bemühungen hier bestens danken, sowie auch für die Erlaubnis, uns im folgenden auf seine Resultate beziehen zu können.

### B. Testmethoden.

Bei der Ausarbeitung unserer Testmethoden war in erster Linie der Gedanke wegleitend, in verhältnismäßig kurzer Zeit eine möglichst große Anzahl von Substanzen auf ihre Repellentwirkung zu prüfen. Die amerikanische Art der Prüfung, bei welcher die Substanzen von Anfang an am Menschen gegenüber Stechmücken getestet werden, kam für unsere Verhältnisse nicht in Betracht. Abgesehen von der Forderung einer vorgängigen, langdauernden und kostspieligen toxikologischen Prüfung für jede in den Versuch kommende Substanz, hätten wir auch keine entsprechend große Zahl von Versuchspersonen zur Verfügung gehabt<sup>2</sup>.

So trafen wir unsere erste Auswahl mit Hilfe von Versuchstieren (weißen Mäusen) als Repellentträger und *Stomoxys* (Stechfliegen) als Blutsauger. Erst bei der engeren Auswahl der Repellents wurden menschliche Versuchspersonen zugezogen und gegenüber *Aedes aegypti* getestet.

Bei dieser Art der Prüfungsfolge setzten wir voraus, daß die getesteten Repellents nicht artspezifisch sind, sondern sich gegenüber *Stomoxys* und *Aedes* ähnlich verhalten. Diese von uns ursprünglich rein hypothetisch angenommene Voraussetzung erwies sich später in vielfachen Versuchen als zu Recht bestehend.

Zum Testen der Repellentsubstanzen wurde der Unterarm einer Versuchsperson in einen mit *Aedes* bevölkerten Kasten gehalten und die stichfreien Zeiten bestimmt. Dabei mußte berücksichtigt werden, daß die Armunterseite stets rascher ausfiel als die Armoberseite. Wie in Kapitel D näher ausgeführt wird, beruht dies auf der unterschiedlichen Hautresorption von Armunter- und -oberseite. Ferner zeigte sich, daß bei verschiedenen Versuchspersonen oft beträchtliche Zeitunterschiede in der Wirkungsdauer der

<sup>2</sup> Wir möchten nicht versäumen an dieser Stelle Fräulein *Mundwiler*, Fräulein *Huber* und Herrn *Wyniger* für ihre wertvolle Hilfe bei der Durchführung einer großen Zahl von Versuchen herzlich zu danken. Auch den vielen anderen, die sich uns als Versuchspersonen gelegentlich zur Verfügung gestellt haben, sei unser aufrichtiger Dank ausgesprochen.

Repellents-Substanzen bestehen; auch dies ist wohl in erster Linie auf die individuelle Hautbeschaffenheit zurückzuführen (Kap. D). Da wir aber immer dieselben Versuchspersonen zur Mithilfe heranzogen und die wichtigsten Prüfungen stets von derselben Person durchgeführt wurden, kamen wir trotz dieser Unregelmäßigkeiten zu einer genügend gesicherten Auswahl unserer Substanzen.

### *C. Freilandversuche mit dem Repellent «Kik».*

Die letzte Entscheidung, ob ein Repellent seine im Laborversuche gezeigte gute Wirkung auch in der Praxis beibehält, kann erst der Freilandversuch erbringen. Nur so kann der Einfluß von Sonne, Schweiß usw. auf den Belag auf der Menschenhaut erkannt und völlige Sicherheit über die Güte des Repellent erhalten werden. Dies war der Grund, warum wir die Schlußentwicklung unseres neuen Repellent ins Freiland verlegten.

Vorgängig wurden noch einmal alle Repellents-Substanzen, die sich im Laborversuche als gut erwiesen hatten, ausgewählt und gesichtet. Abgesehen von kaufmännisch-technischen Ueberlegungen wurden nur solche Substanzen in die letzte Wahl genommen, die farblos und praktisch geruchlos waren. Ferner mußte der Belag auf der Haut unsichtbar sein und durfte weder als ölig noch schmierig empfunden werden. Eingehend untersucht wurde auch das Verhalten der Repellents gegenüber verschiedenen Kunststoffen und Kunstfasern, wie Nylon, Gurit, Viscose und Azetatseide u. a. Nur solche, die sich diesen Stoffen gegenüber als indifferent erwiesen, wurden in die letzte Auswahl genommen.

Aus der großen Zahl der im Labor geprüften Reinsubstanzen ergab sich anfangs 1948 schließlich eine Gruppe von 14 Produkten, die im definitiven Freilandversuch getestet werden sollten.

#### *1. Die Entstehungsgeschichte des Kik. Freilandversuche in Argentinien.*

Die Prüfung dieser 14 Substanzen erfolgte in Argentinien vom 30. Januar bis 21. Februar 1948 als Gemeinschaftsarbeit der Herren Dr. A. Buxtorf, ing. agr. A. Meyer und Dr. R. Wiesmann. Als Versuchsort wurde uns die Quinta «La Selva» am Brazo Largo im Delta des Parana, Provinz Enter Rios, ca. 100 km NW von Buenos Aires, zugewiesen. Die bewaldete Gegend weist eine reichhaltige Mückenfauna auf, in der die Aediden und Culiciden dominieren. Bei den Anopheliden handelt es sich durchgehend um zoophile Arten.

Nach der vorläufigen Bestimmung<sup>3</sup> der in großer Zahl auf den Versuchspersonen gefangenen Mücken waren damals in La Selva folgende Arten vertreten:

Mansonia	2—3 Spezies
Psorophora ferox	
,,    bruchi	
,,    vacipes	
Culex	2 Spezies.

Während der ganzen Versuchszeit war die Mückenpopulation im Walde, in dem wir uns exponierten, eine recht ansehnliche. Die Mücken verhielten sich in der Regel sehr angriffig, wie die folgenden, an unbehandelten Versuchspersonen erhaltenen Stichfrequenzen zeigen:

J. B. erhielt am 1. 2. 48 um 15 Uhr innert 10 Minuten 38 Stiche  
A. M. erhielt am 12. 2. 48 um 15 Uhr innert 1 Minute 10 Stiche.

Das uns zugewiesene Gebiet eignete sich folglich sehr gut zum Austesten von Repellents gegen Mücken aus der Aediden- und Culicidengruppe. Da das Versuchsgebiet sehr feucht und heiß war, konnte auch der Einfluß von Schweiß und Sonne untersucht werden.

#### *Methodik des Freilandtestes.*

Zu den Versuchen standen uns 8 bis 9 Versuchspersonen, vom hellblonden bis zum dunkelhäutigen Typ, zur Verfügung, nämlich 3 Frauen und 5 bis 6 Männer.

Arme, Beine und Gesicht wurden mit den zu prüfenden Substanzen bestrichen, und zwar so, daß jede Versuchsperson jeweils nur ein Produkt auf ihrer Haut trug. Als Normalanstrich galt folgendes:

pro Arm	2 cm <sup>3</sup>
pro Bein bis Mitte Oberschenkel	4 cm <sup>3</sup>
pro Kopf und Hals	2 cm <sup>3</sup>

Wir führten auch Halbnormalanstriche aus, bei denen die Halbwerte verwendet wurden. Ferner Bedarfs- oder Individualanstriche, bei denen soviel Substanz appliziert wurde, wie die betr. Versuchsperson für notwendig erachtete, um einen gleichmäßigen Belag auf der Haut zu erzielen. Der letztere benötigte ein wenig mehr als ein Halbnormalanstrich, wobei die Hautbeschaffenheit und die Behaarung und anderseits die Viscosität der Repellentflüssigkeit die Werte nicht unwesentlich beeinflußten.

Nach dem Anstrich exponierten sich die Versuchspersonen im Walde, jeweils halbstundenweise in Intervallen von zwei Stunden, wobei die erhaltenen Stiche gezählt wurden.

<sup>3</sup> Herrn Dr. Del Ponte sei hierfür bestens gedankt.

Als Ergebnis der Versuche, bei denen die 14 Substanzen zuerst einzeln, dann untereinander kombiniert, systematisch auf ihre mückenabhaltende Wirkung geprüft wurden, kristallisierte sich allmählich die definitive Kombination, die heute unter dem Namen «Kik-Geigy» im Handel ist, heraus. Sie besteht aus dem Lösungsmittel und zwei (ursprünglich drei) Wirksubstanzen. Die Entscheidung für die beste Kombination war nicht ganz leicht, da einige Substanzen in ihrer Wirkung einander ebenbürtig waren. Schließlich gab der kosmetische Aspekt den Ausschlag (beste Verträglichkeit auf der Haut, namentlich der Schleimhäute von Mund und Augen, geruchloser, unsichtbarer Belag).

Es würde zu weit führen, auf alle diese Prüfungen im einzelnen einzugehen. In den 22 Tagen wurden insgesamt 336 Versuche ausgeführt. Es seien nur die Ergebnisse angeführt, die das ausgearbeitete Kik betreffen (Tab. I).

Zu den erhaltenen Resultaten können wir folgendes bemerken:

a) Die besten stichfreien Zeiten gegen die Aediden und Culiciden erhielten wir bei einem Normalanstrich. Nur wenig schlechter waren die Zeiten bei einem Bedarfsanstrich, während die Resultate bei einem Halbnormalanstrich deutlich abfielen. Mit dem letzten war es in vielen Fällen nicht möglich, auf der Haut einen lückenlosen Belag zu erzielen, da die Flüssigkeitsmenge dazu nicht ausreichte. Da das Kik, wie auch die andern bis anhin bekannten Repellents, nur während einer gewissen Zeit eine ausgesprochene Distanzwirkung aufweist, finden später die hungrigen Mücken sehr bald diejenigen Stellen auf der Haut, die zu wenig oder kein Repellent erhalten haben; infolgedessen treten bei einem ungenügenden Belag mit der Zeit in steigendem Maße Stiche auf. Der Repellentbelag muß daher auf den zu schützenden Hautstellen möglichst gleichmäßig und lückenlos aufgetragen sein.

b) Ganz ähnlich wie dies in den Labor-Testversuchen festgestellt wurde, bestanden auch hier zwischen den einzelnen Versuchspersonen in der Dauer der Repellentwirkung oft beträchtliche Unterschiede. Im allgemeinen hielt der Schutz bei den männlichen Versuchspersonen länger an als bei den weiblichen. Auch bei dem von uns gleichzeitig geprüften amerikanischen Repellent 6—22 traten solche Unterschiede auf.

c) In der Regel konnten beim Kik schon während der ersten Stunden einige vereinzelte Stiche festgestellt werden. Mit fortschreitender Zeit erfolgten sie etwas häufiger, und die stichfreien Intervalle wurden zusehends kleiner. Dann setzte ganz plötzlich das Ausfallen mit vielen Stichen ein.

TABELLE I.

Versuchsergebnisse mit der Kik-Kombination und dem amerikanischen Repellent 6—22.

Art des Anstriches	2 h	4 h	Zahl der Stiche nach 6 h	9 h	11 h	13 h	Geschlecht der Versuchsperson
<i>Kik</i> Normal- anstrich	0	0	0	3	0	3	m (männl.)
	0	0	0	0	0	9	m
<i>Kik</i> Halbnormal- anstrich	0	4	1	2	8	—	w (weibl.)
	0	0	0	0	2	12	m
	0	1	1	2	1	17	m
	0	0	1	2	3	17	m
	1	0	4	16	—	—	m
	0	1	2	7	20	—	w
	0	0	3	8	14	—	m
	0	1	4	5	7	—	m
<i>Kik</i> Bedarfs- anstrich	0	0	0	6	17	—	m
	0	0	0	0	6	15	w
	0	0	0	1	1	15	w
	0	0	1	0	15	—	m
6-22 Normal- anstrich	0	0	0	11	—	—	m
6-22 Bedarfs- anstrich	0	2	2	9	20	—	m
	1	0	3	15	—	—	m
	0	2	2	8	15	—	w

Ein Beispiel aus vielen: Die Versuchsperson Ws. exponierte sich den Mücken ohne Unterbruch und registrierte die Zeit, in der die einzelnen Stiche erfolgten:

Bis 5 Stunden 30'	keine Stiche
6      »      10'	1 Stich
7      »      40'	1    »
8      »      15'	3 Stiche
8      »      20'	16    »

Ein Kik-Anstrich ist somit nach dem ersten Stich noch lange nicht ausgefallen und wertlos geworden. Es kann oft noch mehrere Stunden dauern, bis es zu einer wirklichen Belästigung durch die Mücken kommt. Die gleiche Beobachtung konnten wir auch bei allen anderen von uns geprüften, gut wirksamen Repellents machen.

d) Die Kik-Anstriche erwiesen sich als sehr schweißbeständig. Zeitweise schwitzten die Versuchspersonen, besonders in den Zwi-

schenzeiten, stark, und trotzdem ging die Wirkung bei der nächsten Exposition nicht zurück.

e) Vergleichen wir die mit dem Kik erhaltenen Abhaltezeiten mit denen des besten amerikanischen Repellent 6—22, so können wir feststellen, daß das Kik mindestens ebenso gute Zeiten ergibt. Außerdem hat es gegenüber 6—22 noch einige Vorteile, unter denen wir zwei anführen möchten. Während der Hautanstrich mit 6—22 lange Zeit klebrig und ölig bleibt und sich unangenehm anfühlt, ist ein Kik-Belag innert ganz kurzer Zeit trocken; man kann mit den bestrichenen Händen ohne weiteres Papier anrühren, ohne unschöne Fettflecke zu hinterlassen. 6—22 reizt die Schleimhäute der Augen stark, Kik nur minim.

## 2. Kik-Versuche mit Stechmücken in den Neudörfler Sümpfen im Elsaß.

Nachdem das Kik in Argentinien in seinen Grundprinzipien entwickelt worden war, machten wir im Verlaufe des Sommers 1948 noch mehrere Freilandversuche in verschiedenen anderen Mücken-gegenden.

Als Beispiel seien die Ergebnisse aus dem Elsaß angeführt. In den Auenwäldern und Büschen der Neudörfler Sümpfe hielten sich große Mengen Aediden und Culiciden auf, die ungeschützte Personen in Schwärmen anfielen. Die Versuche wurden mit 5—6 Versuchspersonen ausgeführt. (Anstrich: Bein 3 cm<sup>3</sup>, Arm 1,5 cm<sup>3</sup>, Gesicht und Nacken 1 cm<sup>3</sup>, also etwas mehr als ein Halbnormal-anstrich.)

Die *absolut stichfreien Zeiten*, die in den Versuchen erhalten worden sind, waren an 5—6 Versuchspersonen als Mittelwerte berechnet, folgende:

		unterster Wert	oberster Wert	Mittel
1. Versuch Kik		5 h 5'	7 h 30'	6 h 25'
2.	»	4 h 15'	4 h 45'	4 h 30'
3.	»	4 h 30'	7 h	6 h 10'
4.	»	5 h 10'	7 h 10'	6 h 33'
5.	»	4 h 15'	5 h 00'	4 h 42'
6.	»	4 h 30'	7 h	6 h 00'
30%iges Dimethylphthalat		1. Stich nach 5', völlig ausgefallen nach 20'		
		1. Stich nach 8', völlig ausgefallen nach 30'		

Die Dauer der stichfreien Zeit beim Kik war auch in diesen Versuchen abhängig vom Individuum.

Die Abhaltezeit von 30%igem Dimethylphthalat (das in der Schweiz als Handelsprodukt vertrieben wird), war gegenüber den im Versuchsgebiete vorhandenen Mücken praktisch ungenügend, eine Bestätigung der Ergebnisse von Versuchen in Schmerikon am Zürichsee.

### 3. Verschiedene Meldungen aus der Praxis.

Im Sommer 1948 hatten wir mehrmals Gelegenheit, Kik an verschiedene Personen abzugeben, damit dasselbe unter normalen Praxisverhältnissen ausprobiert würde. Von zuverlässigen Versuchsanstellern sind uns einige Berichte zugegangen, die hier auszugsweise wiedergegeben seien.

*Frl. Dr. M., Tierärztin, Basel.*

Sie erprobte das Kik anlässlich einer Paddelboot-Ferienreise in der Gegend von Avignon, rhoneabwärts bis zum Meer.

«Das ganze Gebiet der Rhone von oberhalb Lyon bis ans Meer, besonders aber der Teil von Avignon abwärts, ist als stark mit Mücken verseuchtes Gelände bekannt. Auch dieses Jahr (1948) waren die Mücken sehr aufsässig. Sobald man vom Paddelboot an Land stieg, wurde man von großen Schwärmen angefallen und war in wenigen Minuten am ganzen Körper verstochen. Wir verwendeten Kik regelmäßig bei der Landung. Die Wirkung war ausgezeichnet. Die Mücken setzten sich wohl hie und da noch auf die Haut, stachen aber nicht mehr. Der Schutz betraf jedoch nur die mit Kik direkt behandelten Hautstellen. Bei unsorgfältiger Behandlung freigelassene Körperstellen wurden von den Mücken schnell gefunden und verstochen.»

*Herren K. und U., Basel.*

«In den Oasen von Biskra, Touggourt und Ouargla kamen wir hauptsächlich mit Stechmücken in Berührung. Das Kik erwies sich zum Abhalten der Mücken als sehr zuverlässig. Abends einmal eingestrichen, genügte der Anstrich, um während der ganzen Nacht vor Stichen verschont zu bleiben. Probeweise nicht behandelt, zählte ich eines Morgens an einem Arm, der unbedeckt war, genau 30 Stiche.»

*Prof. B., Faculté de Médecine de Paris, Laborat. d’Histologie, Paris.*

Prof. B. hat während eines Aufenthaltes in Banyuls s. Mer und Canargie in Afrika, vom 31. August bis 4. September 1948 unser Kik gegen Mücken ausprobiert und dabei folgendes gefunden:

«Il résulte que la durée d'action du Kik est limitée à 5 ou 6 heures», eine Beobachtung, die mit unseren Resultaten gut übereinstimmt.

#### 4. Biologische Freilandbeobachtungen über das Verhalten der Mücken gegenüber einem Kik-Belag auf der Haut.

##### a) Vergrämung der Mücken.

An den verschiedenen Versuchsorten konnten wir immer wieder folgende Beobachtung machen: Begab man sich in das stark mit Mücken besetzte Gebiet (Wald, Auenwald, Gebüsch), dann schreckte man die auf den Gräsern und Büschen sitzenden Mücken links und rechts vom Wege auf eine Distanz von 1,5—2 m auf. Die Weibchen fliegen zielgerichtet gegen die sich bewegende Person zu. Geht man langsam weiter, so wird man kurze Zeit verfolgt, dann lassen sich die Mücken aber meist wieder in das Gras oder auf die Blätter von Sträuchern nieder. Bleibt man stehen, dann wird man von den Mücken sofort wieder in mehr oder weniger großer Zahl umschwärmt. Liegt kein Repellentanstrich vor, so fallen einen die Mücken unverzüglich an und stechen. Trägt man dagegen einen frischen oder bis zu mehrere Stunden alten Kik-Belag, dann wird man von den Mücken in der ersten Zeit wohl stark umschwärmt, doch vermindert sich ihre Zahl zusehends. Aus vielen solchen Beobachtungen sei eine besonders charakteristische aus den Versuchen von Schmerikon herausgegriffen.

Anstrich: 9 Uhr.

- 10 h 10 in den Wald gegangen, sofort von sehr vielen Mücken umschwärmt;
- 10 h 20 der Schwarm hat sich ganz bedeutend gelichtet;
- 10 h 25 nur noch vereinzelte Mücken vorhanden;
- 10 h 28 keine die Versuchspersonen umschwärzenden Mücken zu sehen;
- bis 11 h am selben Ort verblieben. Hie und da fliegt eine einzelne Mücke heran und schwärmt um die Versuchsperson. Nach 30" bis 1' verläßt sie dieselbe aber wieder und setzt sich in der Nähe auf ein Blatt oder ähnliches nieder.

So darf man wohl mit Recht schließen, daß der Duftbereich des Menschen durch den Kik-Anstrich irgendwie verändert wird, was eine Vergrämung der Mücken zur Folge hat. Die Mücken werden zwar durch die beim Gehen hervorgerufene Erschütterung und möglicherweise auch durch die Bewegung, evtl. durch Wärmereize, zum Menschen gelockt. Durch den Repellentanstrich werden sie dann aber von direkten Angriffen abgehalten, indem der Mensch nach einem Umschwärmen durch die Mücken seine normal vorhandenen attraktiven Eigenschaften verliert und die Mücken sich in die nähere Umgebung verziehen. Begibt man sich nun einige Meter weiter, dann beginnt das Spiel von neuem wie am ersten

Standorte, bis der Schwarm nach kurzer Zeit wiederum verschwindet. Beim Austesten der Repellents im Freilandversuche mußte dieses Verhalten berücksichtigt werden, indem man sich von Zeit zu Zeit jeweils an einem neuen Orte zur Exposition aufstellte.

b) *Distanzwirkung des Kik.*

Noch ein 4 oder 5 Stunden alter Kik-Belag auf der Menschenhaut besitzt für die angreifenden Mücken eine ausgesprochene Distanzwirkung und wird von ihnen nur in Entferungen von 10—20 cm umschwärmt. Nur in ganz seltenen Fällen fliegt eine Mücke auf die Haut. Bei älteren Belägen wird der Anflug häufiger. Man ist also mit dem Kik-Anstrich, auch wenn man sich in großen Mückenschwärmen befindet, lange Zeit praktisch nicht belästigt, was besonders im Gesichte sehr angenehm empfunden wird. Es scheint um die mit Kik bestrichenen Glieder eine Dunstatmosphäre zu herrschen, die zu durchfliegen den Mücken unangenehm ist. Bei einem frischen Anstrich reicht sie verhältnismäßig weit und nimmt dann im Verlaufe der Zeit langsam ab. Später fliegen die Mücken die Haut an, mit den Extremitäten den Belag berührend, um dann aber meistens fluchtartig wieder davonzufliegen. Wir hatten vielfach Gelegenheit, solche Mücken, insbesondere *Culex pipiens* und *Aedes vexans*, nach diesem tuschierenden Anflug zu beobachten. Nach der Berührung und dem fluchtartigen Rückflug setzten sich die Mücken irgendwo auf Gräser oder Blätter nieder. Hier putzten sie sich die Beine, vielfach auch den Rüssel und die Palpen, und zwar auffallend und oft lange. Man erhält den Eindruck, daß die Tiere durch die Berührung irgendwie gereizt worden sind. Neue Angriffe führten diese Tiere in keinem der beobachteten Fälle aus. Kurz vor dem Ausfallen des Belages setzten sich die Mücken direkt auf die Haut. Dann schleppen sie tastend und laufend ihren Rüssel über den Belag und scheinen eine Stelle für den Stich zu suchen. In vielen Fällen halten sie im Laufen an und putzen Rüssel und Beine, fliegen dann aber weg oder beginnen von neuem nach einer geeigneten Stichstelle zu suchen. Erfolgt ein Stich, dann hat man oft den Eindruck, daß derselbe zuerst zögernd geschehe. Es kommt auch vor, daß verschiedene Stichversuche ausgeführt werden, bevor der eigentliche Langstich erfolgt.

Interessant war das Verhalten der Mücken gegenüber dem *Dimethylphthalat* (30%ig) bei den Versuchen in Schmerikon und in den Neudörfler Sümpfen. Es zeigte sich, daß dem Dimethylphthalat weder eine Vergrämung noch eine Distanzwirkung zukommt. Kurze Zeit nach dem Anstrich flogen die Mücken bereits auf den Belag, ihn z. T. allerdings wieder fluchtartig verlassend; z. T. aber

setzten sie sich auf die Haare der Beine und Arme, um von hier aus die Stiche in die Haut auszuführen. Nach 10—15 Minuten flogen sie schon direkt auf die Haut und führten Stichversuche und bald darauf Saugstiche aus. Das Dimethylphthalat besitzt somit bei den vorhandenen Mückenpopulationen keine Distanzwirkung und nur eine sehr geringe Repellentwirkung.

c) *Verhalten der einzelnen Mückenarten gegenüber einem Kik-Belag.*

In allen Freilandversuchen zeigte sich, daß die Kik-Anstriche unter den jeweils vorhandenen Mückenpopulationen etwa in gleichem Maße auf die einzelnen Arten wirkten. Der Ausfall oder die ersten Stiche wurden nicht durch einzelne Mückenarten bedingt, sondern sowohl bei den ersten Stichen wie auch bei den Totalausfällen waren alle jeweils im Gebiete vorhandenen Arten beteiligt. Wir dürfen demnach sagen, daß das Kik eine gute Repellentwirkung gegenüber folgenden Stechmücken ausübt:

1. *Aedes aegypti*, Laborversuche
2. *Psorophora ferox*
3.       »       *bruchi*      }
4.       »       *varipes*      }
5. *Culex pipiens*      }
6. *Aedes vexans*      }
7. *Anopheles maculipennis*, Schmerikon

Argentinien

Schmerikon, Neudörfler Sümpfe

Vertreter aus den Gattungen:  
*Culex* und *Mansonia* in Argentinien.

Unser neues Repellent Kik scheint demzufolge eine recht gute Wirkungsbreite bei den Mücken der gemäßigten Zonen zu besitzen.

#### *D. Repellentwirkung und Hautresorption.*

Anlässlich unserer Testversuche im Labor und Freiland kamen wir zur Ueberzeugung, daß das Auffinden eines Repellent an sich nicht die Hauptschwierigkeit bildet. Unsere Labortiere, *Stomoxys* und *Aedes aegypti*, ließen sich durch verhältnismäßig viele, chemisch nicht näher verwandte Substanzen vom Stechakte abhalten. *Viel schwieriger dagegen ist es, ein Repellent mit genügend langer Abhaltewirkung zu finden.*

Die Wirkungsdauer eines jeden Repellents scheint zeitlich ziemlich eng begrenzt, in erster Linie als Folge des *Resorptionsvermögens durch die menschliche Haut*. Solange es nicht gelingt, diese Resorption durch irgendwelche Maßnahmen zu unterbinden oder

doch wesentlich zu verringern, wird die Wirkungsdauer von Repellents — wie unsere Erfahrungen zeigen — ganz allgemein mit etwa 6—10 Std. begrenzt sein. Offenbar sind auch die amerikanischen Laboratorien, die sich seit einigen Jahren mit Repellentproblemen befassen, zu denselben Ergebnissen gelangt. Auf allen neueren, im Handel vertriebenen amerikanischen Repellents wird die Wirkungsdauer mit 6—10 Std. angegeben.

Die Resorptionsfähigkeit der Haut gegenüber den Repellents ist nicht bei allen Menschen dieselbe. Ferner ist sie bei ein und demselben Individuum sehr unterschiedlich, je nach der in Frage stehenden Hautpartie. So ist beispielsweise von medizinisch-pharmazeutischer Seite bekannt, daß Medikamente auf der Unterseite des Armes oder an der Kniekehle besonders rasch resorbiert werden. Diese Tatsache stimmt sehr gut mit unseren Beobachtungen überein, wo bei Freilandversuchen sehr häufig die ersten Stiche in der Kniekehle, am Ellenbogengelenk, auf dem Handrücken, im Nacken und anderen rasch resorbierenden Hautstellen festzustellen waren.

Die in unseren Laborversuchen ermittelten Repellentzeiten können indirekt gewisse Anhaltspunkte liefern über das Ausmaß der individuellen Unterschiede im Resorptionsvermögen der menschlichen Haut. Während z. B. im Aedes-Labortest mit unserem Repellent Kik die Armunterseite der Versuchsperson L. nach rund 6 Stunden gestochen wurde und die Armoberseite nach rund 8 Std. noch stichfrei blieb, fielen die entsprechenden Repellentzeiten bei der Versuchsperson F. stark zurück auf nur 4—6 Std. Bei der Versuchsperson W. schließlich waren sowohl Armunterseite wie -oberseite nach 8 Std. stets noch stichfrei. Auch bei der Prüfung anderer Repellents waren bei den genannten 3 Versuchspersonen in der Wirkungsdauer entsprechende Stufen zu beobachten. F., L. und W. können als Durchschnittspersonen angesehen werden, wobei F. eine *starke* Hautresorption aufweist (wie sie vor allem bei Kindern und Jugendlichen festzustellen ist), während bei L. eine *mittlere* und bei W. eine *geringe* Resorptionsfähigkeit vorliegt. Zwei Fälle mit sehr guten Repellentzeiten — und entsprechend sehr geringer Hautresorption — wurden uns aus dem Schweiz. Tropeninstitut mitgeteilt. Herr E. bekam in eingehenden Versuchen für seine Armunter- und -oberseite überraschenderweise stichfreie Zeiten von 24—32 Stunden. Aehnlich verhielt es sich bei einem zweiten Tester des genannten Institutes, Herrn G. Voraussetzung für diese guten Zeiten war allerdings die Vorsichtsmaßnahme, daß der Kik-Belag auf der Haut frei lag und nicht durch einen darübergezogenen Aermelstoff mechanisch abgerieben werden konnte.

Während normalerweise ein Kik-Belag wenige Minuten nach dem Verstreichen auf der Haut unsichtbar wird und nur noch am schwachen Geruch wahrgenommen werden kann, so ist bei E. und G. eine Kik-behandelte (vor mechanischem Abreiben geschützte) Hautstelle nach 20—24 Stunden noch durch ein leicht fettig-glänzendes Aussehen deutlich erkennbar. Offenbar ist hier eine Resorption der Kik-Wirksubstanz fast völlig unterblieben; die direkte Folge davon ist die außerordentlich gute, lang dauernde Abhaltewirkung des Repellent. Soweit wir nach den Ergebnissen unserer Versuchspersonen und nach zahlreichen Rückmeldungen aus der Praxis beurteilen können, scheint es sich bei E. und G. um einen verhältnismäßig seltenen Fall mit sehr geringem Hautresorptionsvermögen zu handeln.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß es bei unseren Versuchspersonen für die Ermittlung der Repellentzeiten keine Rolle spielte, ob die behandelte Hautpartie frei lag oder durch Kleiderstoffe bedeckt war. Da das Kik bei der Mehrzahl der Menschen ziemlich rasch in die Oberhaut eindringt, im Gegensatz zu dem bei E. und G. vertretenen Hauttypus, ist es einem mechanischen Abreiben nach kurzer Zeit nicht mehr zugänglich.

Einen kleinen, recht anschaulichen Beitrag zu den eben behandelten Zusammenhängen zwischen Hautresorption und verschieden langer Repellentwirkung können noch die folgenden Beobachtungen bringen. Im Repellent Kik wurde eine Spur einer stark fluoreszierenden Substanz gelöst. Unsere Versuche gingen von folgender Ueberlegung aus: Falls die Fluoreszenzsubstanz im gleichen Verhältnis und gleich schnell von der Haut der Versuchsperson resorbiert wird wie die Kik-Wirksubstanz, dann könnte die zunehmende Verminderung der Fluoreszenz als direkt sichtbarer Maßstab für die Resorptionsfähigkeit der Haut, resp. für die allmähliche Verminderung der Repellentwirkung gelten. Nach Ausfall der Versuche scheint nun tatsächlich diese Voraussetzung weitgehend gegeben zu sein. Bei allen drei zu den Versuchen verwendeten Personen, F., L. und W., trat die Fluoreszenzabnahme auf der Armunterseite bedeutend früher auf als auf der Armoberseite, also ganz entsprechend dem frühzeitigeren Unwirksamwerden der Repellentsubstanz auf der Armunterseite. Außerdem bestanden in der Stärke der Fluoreszenz mit zunehmender Zeit zwischen den 3 Versuchspersonen deutliche Unterschiede, besonders anschaulich bei F. und W. Während beispielsweise bei F. 5 Stunden nach dem Repellentanstrich auf der Armunterseite nichts mehr und auf der Armoberseite nur noch ein schwacher Schimmer zu sehen war, zeigte sich bei W. die Armoberseite noch in deutlich leuchtender

Fluoreszenz, und auch auf der Armunterseite war noch ein schwächer Schimmer zu sehen. 9 Stunden später war bei F. nirgends mehr eine Fluoreszenz festzustellen, während bei W. auf der Armoberseite immer noch ein mittleres Leuchten zu sehen war. Sehr interessant war das Ergebnis bei Herren E. und G., die sich verdankenswerter Weise für einen Versuch zur Verfügung stellten. 20 Stunden nach dem Kik-Anstrich (der Belag war vor dem mechanischen Abreiben durch einen steifen Kartonärmel geschützt worden) leuchtete sowohl Armoberseite wie -unterseite (letztere etwas schwächer) in intensiver Fluoreszenz, etwa gleich stark wie ein 1—2stündiger Belag einer Durchschnittsperson<sup>4</sup>.

Die angeführten Versuche und Beobachtungen lassen darauf schließen, daß für die verhältnismäßig *eng begrenzte Wirkungsdauer* eines an sich guten Repellents wohl in erster Linie seine *Resorption durch die menschliche Haut* verantwortlich zu machen ist.

#### E. Repellentwirkung von Kik gegenüber verschiedenen anderen Insekten.

##### 1. Versuche mit *Musca domestica*, *Stomoxys calcitrans* und *Aedes aegypti*.

Wie sich aus den Beobachtungen im Freiland ergab, ist das stichfreie Zeitintervall noch nicht identisch mit einem völligen Ausfall der Repellentwirkung. Infolge der individuell verschiedenen Empfindlichkeit der Insekten gegenüber dem betreffenden Repellent wird in diesem Zeitpunkt noch eine mehr oder weniger große Zahl der Tiere vom Stechen abgehalten. Es interessierte uns nun, die mit fortschreitender Zeit allmählich abnehmende Wirk-

<sup>4</sup> Unter Berücksichtigung des geringen Hautresorptionsvermögens von E. und G. wird auch die folgende, mit unseren eigenen Erfahrungen nicht ganz übereinstimmende Beobachtung erklärlich. Bei unseren Versuchspersonen erfolgten die ersten Stiche stets auf der Arm-Unterseite, und zwar unabhängig von der jeweiligen Beleuchtung. Bei E. und G. dagegen waren die ersten Stiche gleichmäßig auf dem ganzen Arm festzustellen; dabei wurde allerdings immer die dunklere, vom Licht nicht direkt getroffene Seite von den stechenden Mücken bevorzugt. Dieser scheinbare Widerspruch läßt sich jedoch zwanglos erklären. Da bei unseren Versuchspersonen die Resorption des Repellent und infolgedessen sein Unwirksamwerden auf der Unterseite bedeutend rascher erfolgt, wählen die Mücken diese Seite immer zuerst zum Stechen, auch entgegen ihrer allgemeinen Dunkelbevorzugung. Bei Menschen mit nur langsam resorbierendem Hauttypus, wie E. und G., verschwindet der Repellentbelag auf der Arm-Unterseite nur unwesentlich rascher als auf der Oberseite (Fluoreszenzversuch), so daß beide Flächen etwa zu gleicher Zeit ihre Abhältekraft verlieren. In diesem Falle wird von den Mücken stets die beliebtere, vom Licht abgewandte Seite für den Stechakt vorgezogen.

samkeit des Repellent Kik im Laborversuch zahlenmäßig festzulegen. Entsprechende Versuchsserien wurden durchgeführt mit *Musca domestica*, *Stomoxys calcitrans* und *Aedes aegypti*. Der mit 0,5 ccm Kik behandelte Unterarm der Versuchsperson L. wurde in gewissen Zeitabständen in einem größeren Kasten den betreffenden Insekten dargeboten. Ihr Verhalten wurde beobachtet und mit demjenigen gegenüber einem Kontrollarm verglichen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen II—IV niedergelegt.

a) *Musca domestica*.

Ganz allgemein verhalten sich die in ihrer Nahrungswahl wenig spezialisierten *Musca* gegenüber Repellents viel indifferenter als die blutsaugenden Insekten; sie sind infolgedessen viel schwerer von ihrer oft sehr lästig fallenden Zudringlichkeit abzuhalten. Wie sich schon aus Beobachtungen im Freiland ergab, ist die Repellentwirkung von Kik gegenüber *Musca domestica* nicht sehr befriedigend. Schon wenige Minuten nach einem Kik-Anstrich kann man von der einen oder anderen Fliege angeflogen oder kurz aufgesucht werden. Die in Tabelle II zusammengestellten Versuchsergebnisse zeigen jedoch, daß dem Kik streng genommen noch nach mehreren Stunden eine gewisse Repellentwirkung zugesprochen werden muß. Ein Kontrollarm wird von den *Musca* bald angeflogen, wobei die einzelnen Tiere längere Zeit verweilen und suchend oder rüsselnd auf der Haut herumlaufen. Nur ein ganz kleiner Teil, rund 2—5% der reagierenden Tiere fliegt nach dem Absitzen sofort wieder weg. Wird der frisch behandelte Kik-Arm (5—10 Minuten nach dem Anstrich) in den Versuchskasten gehalten, so zeigt sich eine sehr deutliche Repellentwirkung. 85% der anfliegenden Tiere ergreifen nach momentanem Absitzen oder nachdem sie fliegend die Haut gestreift haben, wiederum die Flucht, während rund 15% eine Zeitlang auf dem Arm herumlaufen. Bei diesem Herumlaufen wurden aber nur ganz kurze Strecken oder wenige Schritte zurückgelegt. Der ein bis zwei Stunden zuvor behandelte Kik-Arm weist schon eine wesentlich schlechtere Repellentwirkung auf. Rund die Hälfte der reagierenden Tiere laufen auf dem Arm herum, die meisten allerdings immer noch deutlich kürzer als auf dem Kontrollarm. Auf einem 4stündigen Kik-Belag endlich laufen schon rund  $\frac{3}{4}$  der reagierenden Tiere auf der behandelten Haut, teils länger, teils kürzer, während nur noch  $\frac{1}{4}$  sofort die Flucht ergreift. Erst 6—7 Stunden nach dem Anstrich ist im Vergleich zur Kontrolle kein Unterschied mehr festzustellen.

Es ergab sich somit, daß das Kik auch gegenüber *Musca* eine zahlenmäßig faßbare Repellentwirkung aufweist. Da sich aber von

Anfang an eine gewisse Zahl von Tieren nicht davon abhalten läßt auf einer mit Kik behandelten Hautfläche herumzulaufen (und sollte es auch nur einige Sekunden dauern), so empfindet man dies eben doch schon als Belästigung. Praktisch ist somit dem Kik gegenüber *Musca* kein allzu großer Repellentschutz zu messen.

TABELLE II.

*Wirkungsdauer von Kik gegenüber Musca domestica.*

Versuchsperson L., Unterarm mit 0,5 cm<sup>3</sup> Kik behandelt.

Dauer des Einzelversuches 2 Minuten.

Zeit nach Kik- Anstrich	Anzahl der Ver- suche	Kontroll-Arm			Kik-Arm		
		Zahl der reagieren- den Tiere (beobachtet je 2 Min.)	Verhalten der reagierenden Tiere (in %)		Zahl der reagieren- den Tiere (beobachtet je 2 Min.)	Verhalten der reagierenden Tiere (in %)	
			Laufen	Fliegend- Berühren resp. kurzes Absitzen		Laufen	Fliegend- Berühren resp. kurzes Absitzen
5–10 Minuten	2	45			32	15%	85%
1 Stunde	5	101	95–100	0%	87	46%	54%
2 Stunden	6	145	0%	-5%	111	53%	47%
4 Stunden	5	107			62	74%	26%
6–7 Stunden	5	130			132	93%	7%

b) *Versuche mit Stomoxys calcitrans.*

Die Repellentwirkung von Kik gegenüber *Stomoxys* spielt für den Menschen zwar keine große Rolle, da die Wadenstecher hauptsächlich Vieh als Blutspender aufsuchen. Sie halten sich meistens im Innern von Tierställen auf und kommen erst im Herbst mit zunehmendem Temperaturrückgang gelegentlich in die warmen menschlichen Wohnungen. Von einer eigentlichen Plage für den Menschen kann in unseren Breiten deshalb nicht gesprochen werden. So war es daher eher von theoretischem Interesse, auch für *Stomoxys* genaue Abhalzezeiten festzulegen. Da die Stiche von *Stomoxys* ziemlich schmerhaft sind, ist die Durchführung der Versuche nicht sehr angenehm, um so mehr, als vergleichbarer Ergebnisse wegen immer dieselbe Versuchsperson zugezogen werden mußte. So ist das erhaltene Zahlenmaterial nicht sehr groß und muß entsprechend als Durchschnittswerte bemessen werden.

Mit fortschreitender Abnahme der Repellentwirkung von Kik kann bei *Stomoxys* ein ganz charakteristisches Verhalten beobachtet werden. Aehnlich wie die Stechmücken bewahren auch die *Stomoxys* bei stärkster Repellentwirkung Distanz und umkreisen

den behandelten Arm nur in gewisser Entfernung. Dann kommt das Stadium des «Fliegend-Berührens» und des sich für einen Augenblick Niederlassens. Darauf folgt ein kürzeres oder auch längeres Laufen auf dem behandelten Arm, jedoch stets mit zurückgeschlagenem Rüssel. Wird die Repellentwirkung noch schwächer empfunden, dann beobachtet man zum erstenmal ein Rüsselstrecken der auf der Haut laufenden Tiere. Der Rüssel wird jedoch schon nach der leisesten Berührung mit der Haut oder nach einigen Suchbewegungen wieder zurückgeschlagen, ohne daß ein Einstich erfolgt (keine Schmerzempfindung!). Im nächsten Stadium endlich erfolgen die ersten Stichversuche; der Rüssel wird entweder nach einem kurzen oberflächlichen Durchstechen der Haut sofort zurückgezogen oder aber erst nach einer kurzen Zeit, wobei oft ausgesprochene Saugbewegungen ausgeführt werden. In beiden Fällen wird augenblicklich eine Schmerzempfindung gespürt. Eine eigentliche Quaddel trat bei der Person L. nur im zweiten Falle auf. Im letzten Stadium, bei welchem von einer Repellentwirkung nicht mehr gesprochen werden kann, können erstmals wirkliche, lang andauernde Stiche beobachtet werden. Im einzelnen treten bei *Stomoxys*, wie schon erwähnt wurde, ziemlich große, individuelle Unterschiede auf.

Aus der Tabelle III ist zu ersehen, daß nicht alle einen unbehandelten Kontrollarm anfliegenden *Stomoxys* auch stechlustig sind; nur etwas mehr als die Hälfte von ihnen stachen, die anderen liefen einige Zeit auf dem Arm herum, um schließlich unverrichteter Dinge wieder abzufliegen. Stichversuche wurden nie gemacht. Auf dem frisch gestrichenen Kik-Arm (5—10% Minuten alt) ergriffen die allermeisten der anfliegenden Tiere sofort wieder die Flucht, ein kleiner Teil lief kurze Zeit auf der Haut herum (vereinzelt mit Rüsselstrecken), während rund 10% der Tiere Stichversuche machten. Da auch die kürzesten Stichversuche schon eine ausgesprochene und unangenehme Schmerzempfindung hervorrufen, so können wir dem Kik gegenüber *Stomoxys* ebenfalls keinen absoluten Repellentschutz zusprechen. Innerhalb der ersten Stunden ist der erreichte Schutz allerdings recht beträchtlich, da ganz erheblich weniger Stichversuche, resp. Stiche erhalten wurden als am Kontrollarm. Auch 4—7 Stunden alte Kik-Beläge wiesen noch eine gewisse Repellentwirkung auf; es konnten nur rund halb so viele Stiche gezählt werden, wie bei der Kontrolle. Obwohl uns keine eigenen Erfahrungen vorliegen, scheint es auf Grund unserer Beobachtungen mit *Aedes* nicht unwahrscheinlich, daß im Freiland auch gegenüber *Stomoxys* vermutlich ein absoluter Schutz während der ersten Stunden zu erreichen sein wird; denn im Freien

TABELLE III.

Wirkungsdauer von Kik gegenüber *Stomoxys calcitrans*.Versuchsperson L., Unterarm mit 0,5 cm<sup>3</sup> Kik behandelt.

Dauer des Einzelversuches 2 Minuten.

Zeit nach Kik- Anstrich	Anzahl der Ver- suche	Kontroll-Arm		Kik-Arm					
		Zahl der reagieren- den Tiere (beobachtet je 2 Min.)	Verhalten der reagieren- den Tiere (in %)		Zahl der reagieren- den Tiere (beobachtet je 2 Min.)	Verhalten der reagieren- den Tiere (in %)			
			Laufen ohne Stechen	Stich		Fliegend- Berühren resp. kurzes Absitzen	Laufen ohne Stechen		
5–10 Minuten	2	—			45	71%	18%	11%	0%
1 Stunde	4	22			28	83%	14%	3%	0%
2 Stunden	5	53	43%	57%	47	71%	19%	0%	10%
4 Stunden	5	37			39	25%	44%	0%	31%
6–7 Stunden	6	50			66	0%	73%	0%	27%

sind die anfliegenden und suchenden *Stomoxys* nicht auf die behandelte Hautpartie allein angewiesen (wie im Laborversuch), sondern die Tiere werden beim geringsten Unbehagen, vermutlich ohne zu stechen, weiterfliegen und ein unbehandeltes Opfer suchen.

c) *Versuche mit Aedes aegypti.*

*Aedes* ist gegenüber dem Repellent Kik bedeutend empfindlicher als *Stomoxys* und *Musca*, so daß sich entsprechend längere Abhaltezeiten ergaben. Bei *Aedes* kann mit fortschreitender Abnahme der Repellentwirkung auch im Laborversuch ein ganz ähnliches Verhalten wie im Freien beobachtet werden: Ferndistanz, Nahdistanz, «Fliegend-Berühren» oder momentanes Absitzen und sofortige Flucht, Absitzen mit kürzerem oder längerem Stichversuch, Stich. Im Gegensatz zu *Stomoxys* wird kein Laufen auf dem Arm beobachtet und ein Absitzen ohne Stichversuch nur ganz vereinzelt. Eine *Aedes*, die sich auf der Haut niederläßt, reagiert in den meisten Fällen unmittelbar darauf mit einem Einstechen des Rüssels. Auch wenn es sich dabei nur um einen momentanen Stichversuch handelt, entsteht auf der Haut eine Rötung mit nachfolgendem Juckreiz. Eine eigentliche Quaddel bildet sich nur bei einem etwas längeren Stichversuch oder richtigen Stich. Da die Armunterseite, entsprechend der rascheren Resorption des Repellent, wesentlich früher angegangen wird als die Armoberseite, so wurden die Versuche getrennt durchgeführt (Versuchsperson L.). Von den in sehr großer Zahl gemachten Versuchen konnte in der Tabelle IV jedoch nur ein kleiner Teil verwertet werden, da

meistens die Zahl der anfliegenden, resp. stechenden Tiere nur geschätzt, und nicht genau festgehalten worden ist. Die gemachten Beobachtungen beziehen sich somit auf ein bedeutend größeres Zahlenmaterial als das, welches in Tabelle IV gegeben ist.

TABELLE IV.

*Wirkungsdauer von Kik gegenüber Aedes aegypti.*  
Versuchsperson L., Unterarm mit 0,5 cm<sup>3</sup> Kik behandelt.  
Dauer des Einzelversuches 2 Minuten.

Zeit nach Kik- Anstrich	Anzahl der Ver- suche	Kontroll-Arm			Kik-Arm		
		Zahl der reagieren- den Tiere	Verhalten der reagierenden Tiere (in %)		Zahl der reagieren- den Tiere	Verhalten der reagierenden Tiere (in %)	
			Fliegend- Berühren resp. kurzes Absitzen	Stich		Fliegend- Berühren resp. kurzes Absitzen	Stich- ver- suche
<i>Arm- Unterseite</i>							
0-2 Stunden	viele	—			Distanz	0%	0%
3 Stunden	4	58			6	100%	0%
6-7 Stunden	4	37			56	77%	2%
8 Stunden	1	35	40%	96%	13	23%	77%
<i>Arm- Oberseite</i>							
3-8 Stunden	viele	—			—	100%	0%
9-10 Stunden	2	11			14	64%	36%

Während der ersten zwei Stunden beobachtet man auf der *Armunterseite* eine absolute Distanzwirkung, nach 3—4 Stunden wird der Arm von verschiedenen *Aedes* anfliegend berührt oder sie lassen sich kurz nieder, während die große Mehrzahl immer noch Distanz bewahrt. Nach 6—7 Std. werden immer noch die meisten der anfliegenden Tiere nach kurzem Berühren der Haut zur Flucht veranlaßt; die andern, rund  $\frac{1}{3}$ , lassen sich zum Stechen nieder. Ein 8stündiger Unterseitenbelag endlich hat seine Repellentwirkung praktisch eingebüßt, indem ca. 80% der anfliegenden Tiere stechen (Kontrolle rund 96%).

Die *Armoderseite* war nach 8 Stunden stets noch stichfrei und wurde von den anfliegenden Tieren nur rasch berührt oder nach momentanem Absitzen wieder verlassen. Mit 9—10 Std. beginnt die Repellentwirkung nachzulassen, indem jetzt rund  $\frac{1}{3}$  der anfliegenden *Aedes* sich niederlassen und stechen. Mit etwa 11—12

Stunden scheint bei der Versuchsperson L. die Grenze der Schutzwirkung auf der Armoberseite erreicht zu sein.

## 2. Versuche mit *Anopheles quadrimaculatus* und *Glossina palpalis*.

Mit *Anopheles quadrimaculatus* wurden nur einige orientierende Versuche unternommen, die verdankenswerter Weise im Schweizerischen Tropeninstitut durchgeführt werden konnten. Es ergab sich, daß auch ein frischer Kik-Belag bei der Versuchsperson L. keinen absoluten Schutz zu bieten vermag. Schon bei der ersten Prüfung (10—20 Minuten nach dem Anstrich) konnten vereinzelte Stiche gezählt werden. Drei Stunden später war immer noch eine gewisse, allerdings nicht mehr sehr ausgesprochene Repellentwirkung festzustellen<sup>5</sup>. *Anopheles quadrimaculatus* scheint somit dem Kik gegenüber bedeutend weniger empfindlich zu sein als *Aedes aegypti* und kann in dieser Hinsicht etwa *Stomoxys* gleichgestellt werden. Ob das Kik im Freien gegenüber *Anopheles quadrimaculatus* möglicherweise während einer gewissen Zeit einen absoluten Schutz gewähren kann, darüber können wir vorläufig nichts aussagen. Entsprechende Versuche müßten in Nordamerika, wo *Anopheles quadrimaculatus* heimisch ist, durchgeführt werden.

Auch für die *Tsetsefliege* *Glossina palpalis* liegen vorläufig keine Freilandbeobachtungen vor. Die im Tropeninstitut durchgeführten Versuche ergaben gegenüber diesen Tieren eine ungenügende Wirkung des Kik. Auch für *Glossina* müssen wir, bevor etwas Endgültiges ausgesagt werden kann, Meldungen aus dem Freiland abwarten.

## 3. Versuche mit Tabaniden (Freiland).

Da sich Bremsen nicht künstlich züchten lassen, konnten mit diesen Tieren keine Laborversuche durchgeführt werden. Unsere Erfahrungen beschränken sich deshalb auf gelegentliche Beobachtungen unserer einheimischen Bremsen unter natürlichen Verhältnissen im Freiland. Die nachfolgenden Versuche wurden von Herrn R. Wyniger, Cheflaborant unserer Abteilung, im Strandbad Ringgenberg, Blauseeli, in der Zeit vom 22. bis 27. 7. 1948 durchgeführt. Es standen 4 Versuchspersonen zur Verfügung, die individuelle

<sup>5</sup> Bei Herrn E. (Tropeninstitut) konnte in zahlreichen Versuchen eine 26—31stündige absolute Schutzwirkung ermittelt werden (der Kik-Arm war vor mechanischem Abreiben geschützt). Da aber das Hautresorptionsvermögen von Herrn E. verhältnismäßig gering ist (vgl. S. 305), dürfen diese langen Repellent-Zeiten nicht als allgemein gültig betrachtet werden. Sie zeigen jedoch deutlich, daß die Kik-Substanz an sich auch gegenüber *Anopheles quadrimaculatus* eine ausgesprochene Repellentwirkung ausübt.

Badeanstriche ausführten. An Bremsen waren in großer Zahl vorhanden:

*Haematopota pluvialis* (Regenbremse), besonders angriffslustig.  
*Tabanus bromius* (Rinderbremse).

Die Bremsen waren aktiv, und besonders nach dem Bade war die Belästigung sehr stark. An drei verschiedenen Tagen exponierten sich die 4 Versuchspersonen den Bremsen im Badeanzug; es ergaben sich stichfreie Zeiten von mindestens 2—2½ Stunden (länger wurde nicht geprüft), während die übrigen, nicht mit Kik behandelten Badegäste einer starken Belästigung durch die Bremsen ausgesetzt waren. Auch vor dem Anstrich mußten sich die Versuchspersonen der Bremsen erwehren. Nach der angegebenen Zeit nahmen die Versuchspersonen jeweils ein Bad, nach welchem die Wirkung des Repellent praktisch verschwunden war. Das Kik ist somit während einer Minimalzeit von 2—2½ Stunden ein gutes Bremsenrepellent. Wird das Kik nach einem Bade direkt auf den nassen Körper aufgetragen, so bildet sich hierbei ein schwach milchiger Belag, der aber nach dem Antrocknen unsichtbar wird. Der Anstrich erweist sich als sehr sparsam und bietet einen genügenden Repellentschutz.

#### 4. Versuche mit *Ctenocephalides felis*.

*Ctenocephalides felis*, der Katzenfloh, ist im Angehen des Menschen ziemlich wählerisch. Wohl springt er den Menschen an, sticht meistens aber nicht oder doch nur vereinzelt. Unter mehr als 10 Personen, die zur Auswahl herangezogen wurden, erwies sich nur die Versuchsperson Wy. für unsere Versuche als geeignet. Bei ihr stachen ausnahmslos alle auf den dargebotenen Arm gesprungenen Flöhe unmittelbar danach und begannen zu saugen.

Auf dem Unterarm der Versuchsperson wurde 0,7 ccm Repellentlösung gleichmäßig verrieben. Die erste Prüfung fand 2½ bis 3½ Std. nach dem Anstrich statt. Wies das Mittel bei dieser Prüfung noch eine deutliche Repellentwirkung auf, so folgte eine zweite 5½ bis 6½ Std. und eine dritte 8 bis 8½ Std. nach Versuchsbeginn. Bei jeder Prüfung wurde das Verhalten der auf den Arm springenden Flöhe während einiger Minuten beobachtet. War die Repellentwirkung noch gut, so sprangen die meisten Flöhe — ohne zu stechen — sogleich oder nach kurzer Zeit wieder ab. War das Repellent den Flöhen in geringerem Maße unangenehm, so saßen sie — ebenfalls ohne zu stechen — still oder liefen suchend auf dem Arm herum. Erst bei ungenügendem Repellentschutz konnten Flohbisse festgestellt werden, sei es, daß die aufgesprungenen

Tiere sofort stachen, sei es, daß sie erst nach einigem Herumwandern eine ihnen zusagende Stichstelle fanden. Wie bei allen unseren Repellentprüfungen waren auch die Reaktionen der Flöhe öfters nicht einheitlich, indem die einen Individuen die Repellentwirkung noch als deutlich empfanden, was durch Herumlaufen oder Abspringen beantwortet wurde, während andere unverzüglich oder nach kurzer Zeit zu saugen anfingen.

Die Repellentwirkung der geprüften Substanzen wurde von uns als *gut* beurteilt, wenn *keine oder weniger als 5%* Stiche stattfanden, *mittel*, wenn *10—20%* der aufgesprungenen Flöhe stachen, und als *ungenügend*, wenn *25% oder mehr* Bisse erfolgten.

Da die Dauer der Repellentwirkung, wie dies schon mehrfach betont wurde, abhängig ist von der Hautbeschaffenheit der Versuchsperson, so dürfen die von uns gefundenen Abhaltezeiten nicht verallgemeinert werden; sie beziehen sich streng genommen nur auf die Versuchsperson Wy. Es kam uns aber nicht allein auf die absoluten Zeiten an, sondern vielmehr auf den Vergleich der einzelnen Produkte untereinander. In diesem Sinne möchten wir die Tabelle V gedeutet wissen. Zur vergleichenden Prüfung wurden herangezogen: die drei amerikanischen Repellents (Rutgers 6—12, 6—22 und NMRI 448), ferner Dimethylphthalat 95%—100%, Dimethylphthalat 30%, Kik Handelsprodukt und schließlich die drei Komponenten des Kik je einzeln (Tab. V).

Unser Repellent Kik weist gegenüber Katzenflöhen eine bessere, d. h. länger andauernde Repellentwirkung auf als die amerikanischen Vergleichsprodukte und Dimethylphthalat. Von den Einzelkomponenten des Kik dagegen reicht keine — trotz vergleichbarer Konzentrationen —, in ihrer Wirkung an diejenige des Normalkik heran.

Die bessere Wirkung des Normalkik deuten wir jedoch nicht als Folge eines sogenannten Synergismus der Einzelkomponenten (im Sinne von PIJOAN & JACHOWSKI), sondern als Folge einer rein physikalischen Verbesserung, indem das *Gemisch* der Komponenten offenbar weniger rasch von der Haut absorbiert wird als jede Komponente für sich allein. Worauf dies im einzelnen beruht, darüber läßt sich vorläufig nichts Sichereres aussagen.

Zum Schluß seien noch die Arbeiten von LINDUSKA, COCHRAN & MORTON erwähnt, in denen die Repellentzeiten von über 1000 Substanzen (u.a. auch 6—12, 6—22 und Dimethylphthalat) gegenüber Flöhen (*Ct. canis & felis*) untersucht wurden. Da die untersuchten Repellents nicht direkt auf die Haut, sondern auf damit imprägnierte Stoffstücke aufgetragen wurden, lassen sich ihre Ergebnisse jedoch nicht direkt mit den unseren vergleichen.

TABELLE V.

Repellentwirkung von Kik und einigen anderen Substanzen gegenüber  
*Ctenocephalides felis*.

Versuchsperson Wy., Unterarm mit 0,7 cm<sup>3</sup> Kik behandelt.

Produkte	Anzahl der Ver- suche	Anzahl der aufgesprun- genen Flöhe	Repellent-Wirkung nach		
			2 1/2-3 1/2 Std.	5 1/2-6 1/2 Std.	8-8 1/2 Std.
6-22 . . . .	1	15	mittel	ungenügend	—
Rutgers 6-12 .	1	6	ungenügend	—	—
NMRI 448 . , .	2	29	mittel	ungenügend	—
Dimethylphthalat 95%—100% .	2	45	mittel	ungenügend	—
Dimethylphthalat 30% . . . .	1	30	ungenügend	—	—
<i>Kik</i> (Handelspro- dukt) . . . .	6	113	gut	gut	ungenügend
<i>Kik</i> - Einzelkom- ponenten	.	.			
Komponente a .	2	52	mittel	ungenügend	—
» b .	3	33	mittel	mittel	—
» c .	2	20	mittel	ungenügend	—

### 5. Versuche mit *Pediculus vestimenti*.

Wenn auch die Kleiderläuse normalerweise nicht oder nur unter ganz besonderen Umständen aktiv von Mensch zu Mensch überlaufen, also ein Schutz vor Läusebefall in den seltensten Fällen durch Repellents angestrebt wird, haben wir aus wissenschaftlichem Interesse doch untersucht, wie sich die Kleiderläuse auf einem Repellentbelag verhalten. Die Methode war folgende:

Die Unterarme von zwei weiblichen Versuchspersonen wurden mit je 0,5 ccm Kik bestrichen. Zu verschiedenen Zeiten brachte man auf den Belag, auf der Oberseite des Armes, je 10 hungrige, ausgewachsene Kleiderläuse, die in Nuttakkapseln ohne Boden eingeschlossen wurden. Die Tiere befanden sich also in direktem Dauerkontakt mit dem Repellentbelag. Die Kleiderläuse verblieben jeweils 15 Minuten auf der Haut, und während dieser Zeit wurde das Verhalten der Tiere beobachtet. Zu jedem der 5 Versuche verwendete man neue, hungernde Tiere.

Ein frischer Kik-Belag hat somit eine gewisse abhaltende Wirkung für die Kleiderläuse. 24% der Tiere nahmen kein Blut auf, während 10% nur widerwillig saugten. Ein einstündiger Belag hielt noch 22% der Läuse vom Blutsaugen ab.

TABELLE VI.

Kik und drei amerikanische Repellents gegenüber Kleiderläusen.

Geprüfte Substanz	Anzahl der Versuchstiere	Alter des Belages	Von den Versuchstieren haben Blut gesogen	kein Blut gesogen	Verhalten der Läuse je 3 und 8 Stunden später
Kik	50	frisch	28	12	3 Std. 44 stark geschädigt, 6 normal 8 Std. 50 stark geschädigt, später tot
		1 Std.	39	11	3 Std. 29 stark geschädigt, 21 normal 8 Std. 37 stark geschädigt, 13 normal
		2 Std.	49	1	3 Std. alle Läuse normal 8 Std. dito
		3 Std.	48	2	3 Std. alle Läuse normal 8 Std. dito
		unbehandelt	49	1	8 Std. alle Läuse normal
6-12	30	frisch	14	16	17 stark geschädigt, später tot
		30 Min.	14	16	11 stark geschädigt, später tot
		1 Std.	24	6	3 stark geschädigt, später tot
		2 Std.	25	5	alle normal
		3 Std.	29	1	alle normal
		unbehandelt	27	3	alle normal
6-22	30	frisch	13	17	alle normal
		30 Min.	20	10	alle normal
		1 Std.	28	2	alle normal
		unbehandelt	29	1	alle normal
NMRI 448 (Zat)	30	frisch	3	27	20 stark geschädigt, später tot
		30 Min.	1	29	22 stark geschädigt, später tot
		1 Std.	4	26	3 stark geschädigt, später tot
		2 Std.	6	24	alle normal
		3 Std.	2	28	alle normal
		4 Std.	21	9	alle normal
		5 Std.	28	2	alle normal
		6 Std.	29	1	alle normal
		unbehandelt	28	2	alle normal

Auf einem frischen oder einem einstündigen Belag zeigen alle Tiere eine starke Unruhe, sie stechen die Haut an, saugen etwas Blut, ziehen den Stechapparat heraus, um ihn an einer anderen Stelle wieder einzustechen. Erst nach einer gewissen Zeit bleiben die Tiere an Ort und Stelle, um sich vollzusaugen. Noch deutlicher wird diese Unruhe sichtbar, wenn man die Läuse frei, ohne Behinderung mit Nuttalschale, auf den Belag setzt. In diesem Falle kann festgestellt werden, daß die Läuse den frischen Belag fliehen und nicht Blut zu saugen versuchen, sondern vom Arm abfallen; andere wandern auf die unbehandelte Partie ab und beginnen dort

dann in einzelnen Fällen sofort Blut zu saugen. Auf einem einstündigen Belage sind immer noch deutliche, wenn auch schwächere Fluchtreaktionen zu finden. Auf einem noch älteren Belage sind keine Reaktionen mehr sichtbar. Sie verhalten sich wie Kleiderläuse auf einem unbehandelten Arme, indem sie nach nur kurzer Wanderung die Haut zum Blutanstich angehen.

Es scheint nicht unwahrscheinlich, daß ein frischer bis einstündiger Kik-Belag zuwandernde Läuse von einer Besiedlung des Körpers abzuhalten vermöchte; entsprechende Versuche verliefen allerdings vorläufig ergebnislos.

Von Interesse ist die immer wieder gemachte Beobachtung, daß die Kleiderläuse nach Berührung mit einem frischen Kik-Belag derart geschädigt werden, daß sie nach 8 Stunden gehunfähig wurden und innert 24 Stunden starben. Auch ein einstündiger Belag tötet noch über 60% der ausgewachsenen Kleiderläuse durch reinen Kontakt. Das Kik hat demzufolge außer einer gewissen Repellentwirkung noch eine faßbare insektizide Wirkung gegenüber Kleiderläusen.

Aehnliche Versuche wurden auch mit einigen amerikanischen Repellents durchgeführt (Tab. VI).

Die Wirkung von 6—12 auf Kleiderläuse ist ähnlich wie diejenige des Kik. Ein frischer Belag hat eine etwas stärkere Abhaltewirkung als Kik und tötet durch den Kontakt 50—60% der Tiere ab. Ein älterer Belag dagegen verliert seine Wirkung ziemlich rasch, so daß auch mit diesem Repellent kein dauerhafter Schutz gegen Kleiderläuse zu erzielen sein wird. Bei 6—22 besitzt nur ein frischer Belag eine gewisse abhaltende Wirkung, ohne jedoch insektizid zu sein. NMRI 448 (Zat) endlich weist bis zu 8 Stunden eine deutliche Abhaltewirkung auf und besitzt zudem während einer Stunde noch insektizide Eigenschaften.

Die in Tabelle VI dargestellten Versuche ergeben, daß mit Kik und den anderen 3 Repellents gegenüber den Kleiderläusen *keine absolute Abhaltewirkung* erzielt werden kann. Glücklicherweise ist man aber in der Lage, mittels der DDT-Präparate bei direkter Anwendung die Kleiderläuse abzutöten oder durch Imprägnieren der Unterwäsche einen Dauerschutz zu erzielen.

#### 6. Versuche mit *Cimex lectularius*.

Es interessierte uns zu wissen, ob man sich durch einen Kik-Anstrich auch gegen Bettwanzen, die den Menschen bekanntlich meist nachtsüber angehen, schützen könne. Es wurden 3 Versuche mit je 5 hungrigen Bettwanzen im 3. Larvenstadium nach der gleichen Methode wie mit den Kleiderläusen durchgeführt.

TABELLE VII.

Kik und zwei amerikanische Repellents gegenüber Bettwanzen.

Geprüfte Substanz	Anzahl der Versuchstiere	Alter des Belages	Von den Versuchstieren haben Blut gesogen	kein Blut gesogen	Verhalten der Tiere nach 8 Std.
Kik	15	frisch	0	15	Keine Beobachtung vorliegend
		1 Std.	0	15	
		2 Std.	1	14	
		3 Std.	2	13	
		4 Std.	5	10	
		5 Std.	14	1	
		6 Std.	14	1	
		7 Std.	14	1	
6—12	30	frisch	16	14	normal
		30 Min.	25	5	
		unbehandelt	27	3	
6—22	30	frisch	19	11	normal
		30 Min.	27	3	
		unbehandelt	26	4	

Es ergibt sich somit, daß man durch einen Kik-Anstrich hungrige Bettwanzen während 2 Stunden vollkommen vom Blutsaugen am Menschen abhalten kann, und zwar auch dann, wenn die Wanzen gezwungen sind, auf dem Belage zu verbleiben, und keine Möglichkeit haben, denselben zu fliehen.

Ein frischer Kik-Belag tötet die Bettwanzen nicht und schädigt sie auch bei längerem Kontakt in keiner Weise. Die Tiere zeigen jedoch ein aufgeregtes Umherlaufen sowie starke Fluchtreaktionen, indem sie an der glatten Kapselwand in die Höhe zu klettern versuchen. Bringt man die Tiere nach Versuchsende jeweils auf den unbehandelten Arm, dann beginnen sie sofort Blut zu saugen und lassen sich auch durch Berühren nicht stören.

Auf einem 3 Stunden alten Belag nehmen nur etwa  $1/7$  der Wanzen Blut auf. Sie pumpen sich allerdings nicht wie beim normalen Blutsaugen am gleichen Orte voll, sondern machen an vielen Stellen ergebnislose Stichversuche, bis sie sich dann nach einiger Zeit definitiv zur Blutaufnahme festsetzen. Es ist also auch hier noch eine deutliche Irritation vorhanden.

In einer andern Versuchsanordnung konnte die Repellentwirkung des Kik gegenüber Bettwanzen noch deutlicher festgestellt werden. In eine dunkle, geschlossene Kiste mit Schlupfarm brachte man 30 hungrige Tiere verschiedener Entwicklungsstadien. Der

normal mit Kik bestrichene Unterarm wurde allstündlich für 15 Minuten in den Kasten gehalten und so den Wanzen exponiert. In diesen, mehr den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Versuchen betrug die Abhaltewirkung des Kik-Belages in einem Versuche 9 Stunden, in einem weiteren 11 Stunden und in einem dritten 8½ Stunden. Während der Kontrollarm innert 5—10 Minuten regelmäßig und zum Teil stark verstochen wurde — die Saugpusteln erschienen bei den Versuchspersonen schon eine halbe Stunde später —, wurden die mit Kik bestrichenen Arme erst nach den genannten Zeiten schwach angegangen. Vorher näherten sich die Wanzen dem Kik-Arm nur auf nahe Distanz, um sofort, wenn sie ihn mit den Tarsen oder Antennen berührten, wiederum zu fliehen.

Vergleichsversuche mit den 2 amerikanischen Repellents 6—12 und 6—22 ergaben, daß 6—12 nur als frischer Belag eine geringe Repellentwirkung auszuüben vermag, während 6—22 sich als völlig unwirksam erwies (Tab. VII).

### 7. Versuche mit *Rhodnius prolixus*.

Zu den Versuchen wurden Jungtiere im 3. Stadium verwendet. *Rhodnius prolixus* ist in den zentral- und südamerikanischen Gebieten ein sehr lästiger und gefährlicher Zimmerbewohner (z. B. Ueberträger des Chagasfiebers). Es wurde die gleiche Technik wie bei den Versuchen mit den Kleiderläusen angewandt (je 6 Versuche mit Kapseln zu 5 hungrigen Tieren (Tab. VIII).

Ein Kik-Belag ergibt somit gegenüber *Rhodnius prolixus* keinen genügenden Schutz. Immerhin ist bemerkenswert, daß im Vergleich zum Verhalten auf dem unbehandelten Arm, die Wanzen auf dem frischen und dem einstündigen Belag zuerst zögernd stechen, oder zuerst an vielen Orten Einstiche machen, bis sie sich richtig vollsaugen. Zudem sogen von den hungrigen Tieren auf dem frischen Belag nur  $\frac{1}{3}$ , auf dem 1—2stündigen nur etwa die Hälfte aller *Rhodnius*. Beim unbehandelten Arm dagegen nahmen praktisch alle Tiere sofort und ausgiebig Blut auf. Dieses Verhalten deutet darauf hin, daß der Kik-Belag frisch und 1—2stündig von den Tieren doch als unangenehm empfunden wird. Ein weiterer Versuch bestätigte diese Beobachtung.

Auf dem Unterarm wurde eine  $8 \times 8$  cm große Stelle mit Kik bestrichen und sofort oder nach 1 bis 2 Stunden hungrige *Rhodnius* darauf gesetzt. Es erfolgte unmittelbar danach eine Flucht auf den unbehandelten Armteil, wo sich die Tiere dann unverzüglich zum ausgiebigen Blutsaugen anschickten.

TABELLE VIII.

Kik und drei amerikanische Repellents gegenüber *Rhodnius prolixus*.

Geprüfte Substanz	Anzahl der Versuchstiere	Alter des Anstriches	Von den Versuchstieren haben Blut gesogen	kein Blut gesogen	Bemerkungen
Kik	30	frisch	10	20	Stiche erfolgten zuerst etwas zögernd, dann aber normal. Bis zu 21 Stichstellen pro 5 Tiere
		1 Std.	16	14	gleiche Beobachtung
		2 Std.	14	16	normales Verhalten
		unbehandelt	28	2	Innert kurzer Zeit beginnen die Tiere zu stechen und sich mit Blut vollzusaugen
6—12	30	frisch	2	28	Verhalten der Tiere nach 8 Std. normal
		30 Min.	19	11	»
		1 Std.	24	6	»
		2 Std.	29	1	»
		unbehandelt	28	2	»
6—22	30	frisch	0	30	Verhalten der Tiere nach 8 Std. normal
		30 Min.	1	29	»
		1 Std.	2	28	»
		2 Std.	28	2	»
		unbehandelt	27	3	»
NMRI 448 (Zat)	30	frisch-2 Std.	0	30	Verhalten der Tiere nach 8 Std. normal
		3 Std.	17	13	»
		4 Std.	27	3	»
		unbehandelt	26	4	»

Versuche im dunkeln Holzkasten, wie sie mit den Bettwanzen durchgeführt wurden, ergaben keine deutliche Repellentwirkung des Kik-Belages, selbst bei einem ganz frischen Anstrich.

Ein Kontakt während 15 Minuten auf einem frisch behandelten Arm schädigte die Tiere im Gegensatz zu den Kleiderläusen nicht.

Vergleichsversuche mit drei amerikanischen Repellents ergaben folgendes (Tab. VIII): 6—12 weist als frischer Belag einen recht guten Repellentschutz auf. Doch schon nach einer Stunde ist keinerlei Wirkung mehr vorhanden. 6—22 besitzt bis zu einer Stunde eine gute, fast vollständige Repellentwirkung. NMRI 448 (Zat) endlich bietet bis zu zwei Stunden einen vollkommenen Schutz, bei drei Stunden ist er nur noch ungenügend.

8. Versuche mit *Ixodes ricinus*-Junglarven.

Es wurde die gleiche Versuchstechnik wie bei den Kleiderläusen angewandt. *Ixodes ricinus*-Junglarven befallen in den gemäßigten Zonen außer Wild auch hie und da den Menschen und können dadurch sehr lästig werden. Von Interesse erschien daher festzustellen, ob das Kik auch gegen diese Zecke eine Abhaltewirkung auszuüben imstande ist.

TABELLE IX.

Kik gegenüber *Ixodes ricinus* (3 Versuche).

Geprüfte Substanz	Anzahl der Versuchstiere	Alter des Belages	Von den Versuchstieren haben Blut gesogen	kein Blut gesogen	Verhalten der Tiere nach 3 und 8 Std.
Kik	30	frisch	0	30	3 Std. alle schwer geschädigt, 8 Std. alle tot
		1-3 Std.	0	30	3 Std. 10%—16% schwer geschädigt, später tot
		4 Std. unbehandelt	24	6	alle normal
			26	4	alle normal

Das Kik besitzt gegenüber den Junglarven von *Ixodes ricinus* bis zu 3 Stunden eine vollständige Abhaltewirkung. Die Tiere verhalten sich auf dem Belage sehr aufgereggt, halten ihre Vorderbeine in die Höhe und versuchen dadurch den Kontakt mit dem Belage zu verhindern. Nach 4 Stunden ist die Abhaltewirkung praktisch verschwunden und die Tiere beginnen, wenn auch zuerst noch zögernd, zu stechen. Ein frischer Kik-Belag hat zudem auf die Zecken eine tödliche Wirkung.

Im Freien wird die Repellentwirkung des Kik-Belages vermutlich länger anhalten, da in unseren Versuchen die Tiere gezwungen waren, auf dem Belage zu verharren ohne jegliche Ausweichmöglichkeit. Eine Stütze für diese Annahme ergab folgender Versuch:

Auf dem Unterarm wurde eine Fläche von  $8 \times 8$  cm mit Kik bestrichen, auf welche frei laufend je 5 Jungzecken gesetzt wurden. Es zeigte sich nun, daß alle Zecken während der ersten 6 Stunden sofort fluchtartig den Kik-Belag verließen, um auf der unbehandelten Armfläche ihren Stechrüssel sehr bald in die Haut einzustößen. Auf einem siebenstündigen Belag blieben einzelne Zecken sitzen und versuchten sich einzubohren; auf einem achtstündigen war keine Fluchtreaktion mehr festzustellen.

Wir dürfen wohl den Schluß ziehen, daß auch im Freien ein Kik-Belag seine Repellentwirkung gegenüber Jungzecken etwa während 6 Stunden beibehalten würde.

### F. Repellentwirkung des Kik bei Strumpfbekleidung der Haut.

Die folgenden Versuche wurden von einer mehr praktischen Ueberlegung ausgehend durchgeführt. Es ist hinlänglich bekannt, daß Stechmücken, Stechfliegen, Bremsen und andere blutsaugende Insekten ihre Opfer nicht nur bei direkter Berührung mit der Haut angehen, sondern auch durch dünnerne Stoffe und Tricotgewebe (z. B. Strümpfe, Badeanzüge) hindurchstechen. Es sollte nun festgestellt werden, ob auch eine mit einem Strumpf bedeckte Kik-behandelte Hautpartie vor Aedes- und Stomoxysstichen geschützt ist; und wenn ja, ob die Schutzwirkung länger oder kürzer dauert als bei einer unbedeckten Hautpartie. Außer mit Aedes und Stomoxys wurden der Vollständigkeit wegen auch mit *Musca* entsprechende Versuche durchgeführt (Versuchsperson L.).

Ein frisch mit Kik behandelter Arm hat, wie wir früher ausführten, für *Musca* eine zwar nicht absolute, aber doch ganz beträchtliche Repellentwirkung. Nur wenige der anfliegenden Tiere laufen auf der behandelten Haut, während die allermeisten nur fliegend berühren oder nach momentanem Absitzen sofort wieder die Flucht ergreifen (Tab. II). Wird nun über den mit Kik behandelten Arm ein Nylon- oder Kunstseidenstrumpf gezogen, dann ist praktisch keine Repellentwirkung mehr festzustellen. Die anfliegenden *Musca* laufen auf dem bestrumpften Kik-Arm genau gleich wie auf einer Kontrolle. Durch den Strumpf wurden die bei direkter Berührung wirksam werdenden Geschmackskomponenten des Kik völlig ausgeschaltet, während sein Geruch offenbar soweit gedämpft ist, daß er von den *Musca* nicht mehr als unangenehm empfunden wird.

Gegenüber *Stomoxys* büßt ein frisch mit Kik behandelter Arm mit einem darübergezogenen Strumpf seine Repellentwirkung zwar nicht völlig ein wie bei *Musca*, doch ist eine wesentliche Verschlechterung in der Abhälterwirkung, besonders beim dickeren Kunstseidenstrumpf, festzustellen.

Während bei einem unbedeckten Kik-Arm die allermeisten der anfliegenden *Stomoxys* sofort wieder umkehren und nur vereinzelte Stichversuche erfolgen (Tab. III), läuft auf einem Arm mit Kunstseidenstrumpfüberzug die Mehrzahl der reagierenden Tiere längere Zeit herum und viele Stichversuche werden gemacht. Offenbar kommt hier die Geruchskomponente des Kik für die *Stomoxys* nur noch sehr gedämpft zur Auswirkung: ein Herumlaufen und ein Rüsselstrecken ist die Folge. Erst im Moment, wo der Rüssel nach Durchdringung des Strumpfgewebes direkt mit der Haut in Berührung kommt, wird das Kik in voller Stärke geschmacklich wahrgenommen, worauf ein sofortiger Rückzug des

Stechapparates eintritt. Da jeder solche Stichversuch jedoch eine Schmerzempfindung auslöst, genießt eine mit einem Kunstseidenstrumpf bedeckte Kik-Haut *praktisch* gesehen keinen Repellentschutz. Mit einem Nylonstrumpf ist die Repellentwirkung zwar besser als mit einem Kunstseidenstrumpf, aber immer noch deutlich besser als bei unbedeckter Kik-Hautpartie. Die Zahl der laufenden *Stomoxys* ist wesentlich höher als auf einer unbestrumpften Haut. Auch die Zahl der Stichversuche ist etwas größer, allerdings lange nicht so groß wie bei einem Kunstseidenstrumpf. *Vom praktischen Standpunkt aus ergibt sich, daß eine mit Kik behandelte Hautpartie einen geringeren Repellentschutz besitzt, wenn sie mit einem Strumpf bekleidet ist.* Ein Kunstseidenstrumpf wirkt sich ungünstiger aus als ein Nylonstrumpf.

Die Versuche mit *Aedes* zeigten folgende Ergebnisse: Auf einer unbedeckten mit Kik behandelten Armunterseite konnten die ersten Stiche nach rund 6 Stunden und auf der Armoberseite nach rund 9 Std. festgestellt werden (Tab. IV). Wird der behandelte Arm mit einem Strumpf überzogen (Kunstseide oder Nylon), dann fallen die ersten, allerdings noch sehr vereinzelten Stiche nach rund 3, resp. 6 Stunden. Aehnlich wie bei *Musca* und *Stomoxys* wird offenbar auch hier die Wirkung des Kik durch das Strumpfgewebe herabgesetzt. Infolge der größeren Empfindlichkeit der *Aedes* übt der herabgeminderte Kik-Geruch aber immer noch eine genügend starke Repellentwirkung aus, um wenigstens während einiger Stunden einen absoluten Schutz zu gewährleisten. Für die Praxis ergibt sich hieraus, daß Frauen, welche ihre Beine mit Kik behandeln und Strümpfe darüberziehen, trotzdem einen ganz beträchtlichen Stichschutz genießen. Die ersten Stiche werden allerdings früher festzustellen sein, so daß die Haut etwas eher nachbehandelt werden muß als bei unbekleideten Beinen.

Es ist noch auf eine andere Weise möglich, die Beine vor Stechmückenstichen zu schützen. An Stelle der Haut können die Strümpfe selbst mit Kik behandelt werden. Wird Kik mit einem feinen Zerstäuber versprüht, so ergeben sich auf den Strümpfen keine sichtbaren Flecken. Das Besprühen muß jedoch sorgfältig und in genügendem Ausmaße gemacht werden, da die *Aedes*, wie unsere Beobachtungen zeigten, eine un behandelte Stelle rasch auffinden und zum Stechen benutzen. Gegenüber *Stomoxys* ist diese Methode nicht zu empfehlen, da ein mit Kik behandelter Strumpf keinen absoluten Repellentschutz zu bieten vermag; in entsprechenden Versuchen (un behandelter Arm, darüber Kik-behandelter Strumpf) konnten zahlreiche Stichversuche festgestellt werden. Auch *Musca* läßt sich durch einen Kik-Strumpf großenteils nicht davon abhalten, kürzere oder längere Zeit darauf herumzulaufen.

## 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 Nahrungsaufnahme 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 entföhlernten 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 herauszugelangen<sup>6</sup>.

Ferner weist das Verhalten der entföhlernten 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 entföhlernte Fliegen durch aufgeregtes Umherlaufen auf den Kik-Strom reagierten, und sich später ausdauernd putzten. Bei den entföhlernten Tieren unterbleibt nur die gerichtete Fluchtreaktion, während das übrige Verhalten demjenigen normaler Tiere entspricht<sup>7</sup>.

### 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

<sup>6</sup> 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. Entföhlernte 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.

<sup>7</sup> 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. 318<sup>8</sup>).

*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-

<sup>8</sup> 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»<sup>9</sup> *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-

<sup>9</sup> 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 entföhlernten 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 stechen<sup>10</sup>. 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

<sup>10</sup> 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 fühlrlosen *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 aus<sup>11</sup>. 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.

<sup>11</sup> 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.

4. Die Abhaltewirkung des Kik wurde im Labor- und Freilandversuche gegenüber verschiedenen Insekten und anderen Arthropoden geprüft.

Es ergaben sich gute Repellentzeiten gegenüber:

Stechmücken: Aediden, Culiciden, gewisse Anopheliden

Bremsen: Haematopota pluvialis, Tabanus bromius

Flöhe: Ctenocephalides felis

Wanzen: Cimex lectularius

Zecken: Ixodes ricinus-Junglarven

Eine mittlere bis ungenügende Abhaltezeit ergab sich gegenüber:

Stechmücken: Anopheles quadrimaculatus

Fliegen: Musca domestica, Stomoxys calcitrans, Glossina pallipes

Kleiderläuse: Pediculus vestimenti

Wanzen: Rhodnius prolixus.

5. Die Repellentwirkung des Kik gegenüber Musca, Stomoxys und Aedes aegypti wird vermindert, wenn die damit bestrichene Haut mit einem Strumpf bedeckt ist.

## II. Teil.

Durch verschiedene Experimente wurde versucht die Sinnesorgane festzustellen, mit denen die vom Kik ausgehenden und als unangenehm empfundenen Reize perzipiert werden.

1. Kik im «T-Rohr» in Gasform zur Prüfung der geruchlichen Wirkung angewendet, ergab gegenüber Musca, Stomoxys, Aedes und Culex eine beträchtliche Repellentwirkung. Bei Rhodnius kann auf Kik-Geruch eine nur geringe, bei Bettwanzen und Kleiderläusen keine Wirkung festgestellt werden.

Die gleichen Versuche mit entfühlerten Musca und Stomoxys führten zur Erkenntnis, daß diese Tiere mit Hilfe der Antennen die Richtung eines Geruchsstromes erkennen; ohne Fühler wird eine gerichtete Flucht aus dem Repellentgasstrom unmöglich.

2. Bei zwangswiseer tarsaler Berührung mit einem Kik-Belag tritt je nach dem Versuchstier eine mehr oder weniger starke Schockwirkung ein. Außer bei Cimex ist die Tendenz Abzuwandern jedoch stärker als die durch die tarsale Berührung mit dem Belag hervorgerufene und als unangenehm empfundene Reizung.

3. Ganz allgemein ergab sich, daß das Kik — und wahrscheinlich auch andere Repellents — mit sehr verschiedenen Sinnesorganen wahrgenommen werden: Fühler, Tarsen und zerstreut liegende Sinneszellen. In dieser Dezentralisation der Geruchs- und Geschmacksorgane scheint vor allem der Grund zu liegen, weshalb es nicht gelang den Wirkungsmechanismus des Repellent Kik lückenlos abzuklären.

4. Versuche mit normalen und führerlosen Stomoxys zeitigten einige Ergebnisse über den Wärmesinn dieser Tiere.

Aus dem Verhalten führerloser Stomoxys ergab sich, daß die Antennen vermutlich die einzigen Sinnesorgane sind, die Fern-Wärmereize perzipieren. Da ferner bei diesen Tieren weder ein Rüsselstrecken noch Stechreaktionen auftreten, ist zu schließen, daß diese Reflexe normalerweise auf die Perzeption von Nah-Wärmereizen durch Antennen-Sinnesorgane zurückzuführen sind.

### *Literatur.*

*Deonier, C. C., and C. H. Richardson.* The tarsal chemoreceptor response of the housefly *Musca domestica* to sucrose and levulose. Ann. Ent. Soc. America, Vol. 28, 1935, p. 467—474.

*Dethier, V. G.* Chemical Insect Attractants and Repellents. The Blakiston Comp., Philadelphia, 1947.

*Geist, R. M.* The heat sensitive areas of certain Grasshoppers. Ann. Ent. Soc. America, Vol. 21, 1928, p. 614—618.

*Herter, K.* Untersuchungen über Temperatursinn einiger Insekten. Zschr. vergl. Phys., Bd. 1, 1924, S. 221—288.

*Hoffmann, R. W.* Zur Analyse des Reflexgeschehens bei *Blatta orientalis* L. Zschr. vergl. Phys., Bd. 18, 1933, S. 740—795.

*Howard, L. O.* Insect Repellents. Fmrs' Bull. U. S. Dep. Agric. Nr. 444, 1916.

*Krijgsman, B. J.* Reizphysiologische Untersuchungen an blutsaugenden Arthropoden im Zusammenhang mit ihrer Nahrungswahl. I. *Stomoxys calcitrans*. Zschr. vergl. Phys., Bd. 11, 1930, S. 702—729.

*Liebermann, A.* Korrelation zwischen den antennalen Geruchsorganen und der Biologie der Musciden. Zschr. Morph. Oek. Tiere, Bd. 5, 1926, S. 1—97.

*Lindquist, A. W., A. H. Madden and C. N. Watts.* The Use of Repellents against Fleas. J. Econ. Ent., Vol. 37, 1944, p. 485—486.

*Linduska, J. P., J. H. Cochran and F. A. Morton.* Flea Repellents for Use on Clothing. J. Econ. Ent., Vol. 39, 1946, p. 767.

*Marshall, J.* The Location of Olfactory Receptors in Insects: A Review of Experimental evidence. Trans. Ent. Soc. London, Vol. 83, 1935, p. 49—72.

*McIndoo, N. E.* The olfactory organs of Diptera. J. comp. Neurology, Vol. 29, 1918, p. 457—484.

*McIndoo, N. E.* Reponses of Insects to smell and taste and their value in control. J. Econ. Ent., Vol. 21, 1928, p. 903—913.

*Minnich, D. E.* The chemical sensitivity of the tarsi of certain muscid flies. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole, Vol. 51, 1926, p. 166—178. Weitere Arbeiten: J. exp. Zool. 1921—1936.

*Pijoan, M., and L. A. Jachowski.* A method of evaluating synergistic or antagonistic action of solvents on mosquito repellents. Naval Med. Res. Inst., Report Nr. 2, 1945.

*Sioli, H.* Thermotaxis und Perzeption von Wärmestrahlen bei der Bettwanze, *Cimex lectularius*. Zool. Jb., Abt. allg. Zool. Phys., Bd. 58, 1937, S. 284—296.

*Szymanski, J. S.* Abhandlungen zum Aufbau der Lehre von den Handlungen der Tiere. 4. Ueber Putzreflexe bei Insekten. Pflügers Archiv, Bd. 170, 1918, S. 1—244.

*Vogel, R.* Ueber die Innervierung der Schmetterlingsflügel und über den Bau und die Verbreitung der Sinnesorgane auf denselben. *Zschr. wiss. Zool.*, Bd. 98, 1911, S. 68—134.

*Weber, H.* Biolog. Untersuchungen an der Schweinelaus (*Haematopinus suis* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Sinnesphysiologie. *Zschr. vergl. Physiol.*, Bd. 9, 1929, S. 564—612.

*Wigglesworth, V. B., and J. D. Gillett.* The Function of the Antennae in *Rhodnius prolixus* (Hemiptera) and the Mechanism of Orientation to the Host. *J. exp. Biology*, Vol. 11, 1934, p. 120—139.

*Wille, J.* Biologie und Bekämpfung der deutschen Schabe. Monographie zur angewandten Entomologie, Berlin 1920.

### Résumé.

Ce travail se divise en deux parties. Dans la première on trouvera des indications concernant l'emploi et le champ d'application du repellent Kik et dans la deuxième est décrite la relation qui existe entre l'action répulsive du Kik et entre l'action physiologique sur les organes sensitifs.

#### 1<sup>ère</sup> partie.

- 1<sup>º</sup> L'action répulsive de nombreuses substances chimiques a été examinée dans des essais de laboratoire sur *Stomoxys calcitrans* et *Aedes aegypti*.
- 2<sup>º</sup> La sélection des substances les plus efficaces a eu lieu en plein air dans des régions infestées par des moustiques. Le repellent « Kik-Geigy » est le résultat de ces recherches.
- 3<sup>º</sup> Selon l'individu traité, le Kik assure durant 4—10 heures une protection complète contre la piqûre des moustiques de diverses espèces.
- 4<sup>º</sup> L'action répulsive du Kik a été étudiée au laboratoire et en plein air sur différents insectes et arthropodes.  
La durée de l'action répulsive est bonne contre les espèces suivantes :  
Moustiques : *Aedes*, *Culex*, *Anopheles*  
*Tabanidae* : *Haematopota pluvialis*, *Tabanus bromius*  
Puces : *Ctenocephalides felis*  
Punaises : *Cimex lectularius*  
Tiques : *Ixodes ricinus*  
La durée de l'action répulsive est moyenne jusqu'à peu satisfaisante pour les espèces suivantes :  
Moustiques : *Anopheles quadrimaculatus*  
Mouches : *Musca domestica*, *Stomoxys calcitrans*, *Glossina palpalis*  
Poux du corps : *Pediculus vestimenti*  
Punaises : *Rhodnius prolixus*.

5<sup>o</sup> L'action répulsive du Kik envers *Musca*, *Stomoxys* et *Aedes aegypti* est plus faible lorsque la peau traitée est recouverte d'un bas.

*2<sup>e</sup> partie.*

Divers essais furent entrepris pour rechercher les organes sensitifs qui perçoivent l'induction désagréable du Kik.

1<sup>o</sup> L'examen de l'action de l'odeur du Kik a été effectué avec ce produit sous forme de gaz à l'aide d'un « Tube T ». L'action répulsive contre *Musca*, *Stomoxys*, *Aedes* et *Culex* est indiscutable. Contre *Rhodnius* l'action du Kik est peu prononcée tandis qu'elle est nulle contre les punaises et les poux du corps. Des essais identiques entrepris avec des Mouches et *Stomoxys* privés de leurs antennes ont démontré que ces diptères perçoivent grâce à leurs antennes la direction d'où leur parvient l'odeur. De ce fait il leur est impossible d'effectuer une fuite dirigée du courant de gaz répulsif.

2<sup>o</sup> Après un contact tarsal forcé avec un enduit de Kik, les animaux éprouvent suivant leurs espèces un shok plus ou moins intense. Mais, exception faite de *Cimex*, la tendance de s'éloigner est plus grande que l'irritation produite par le contact tarsal avec le Kik.

3<sup>o</sup> D'une façon générale on fit la constatation que le Kik — et probablement aussi les autres repellents — peuvent être perçus par les organes sensitifs différents : antennes, tarses et cellules sensitives dispersées. C'est probablement dans cette décentralisation des organes olfactives et de goût que réside la raison qu'il n'a pas été possible d'éclaircir entièrement le mécanisme d'action du repellent Kik.

4<sup>o</sup> Les essais avec des *Stomoxys* normaux et privés de leur antennes ont permis de fixer quelques données sur leurs sens de la chaleur. On a pu constater par le comportement des *Stomoxys* privés de leurs antennes, que les antennes sont probablement les seuls organes sensitifs qui perçoivent à une certaine distance les inductions provenant de la chaleur. En plus, du fait que ces animaux ne tendent pas leur proboscide et ne réagissent pas par des piqûres, on peut conclure que ces réflexes doivent être attribués normalement à la perception de l'induction due à la chaleur voisine au moyen des organes sensitifs des antennes.

*Summary.*

This paper is divided into two sections. The first contains data on the field of application and use of the repellent Kik, and in the

second part the relation existing between the action of the sense-organs is discussed.

*Part I.*

1. The repellent action of numerous chemical substances was examined in laboratory trials on the blood-sucking *Stomoxys calcitrans* and *Aedes aegypti*.
2. The selection of the most efficient substances took place in the open air in mosquito infested areas. The repellent "Kik-Geigy"—a combined product—is a result of these experiments.
3. According to the treated individual Kik assures a protection lasting for 4-10 hours against bites of various mosquitoes.
4. The repellent action of Kik was tested under laboratory as well as under field conditions on various insects and arthropods. The duration of the repellent action was satisfactory against:  
 Mosquitoes: *Aedidae*, *Culicidae* and several *Anophelinae*  
 Gad flies: *Haematopota pluvialis*, *Tabanus bromius*  
 Fleas: *Ctenocephalides felis*  
 Bedbugs: *Cimex lectularius*  
 Ticks: *Ixodes ricinus* (young larvae).  
 For following species the repellent action was either middling or insufficient.  
 Mosquitoes: *Anopheles quadrimaculatus*  
 Flies: *Musca domestica*, *Stomoxys calcitrans*, *Glossina palpalis*  
 Bodylouse: *Pediculus vestimenti*  
 Bugs: *Rhodnius prolixus*.
5. The repellent action of Kik against *Musca*, *Stomoxys* and *Aedes aegypti* is lessened, when the treated skin is covered by a stocking.

*Part II.*

Various trials have been carried out to ascertain the sense-organs which percept the disagreeable irritation produced by Kik.

1. The effect of the smell of gasiform Kik was tested in "T-Tubes". A considerable repellent action was noted against *Musca*, *Stomoxys*, *Aedes* and *Culex*. *Rhodnius* are fairly insusceptible to the smell of Kik, whilst bedbugs and bodylice do not react at all. Identical experiments with *Musca* and *Stomoxys* deprived of their antennae lead to the conclusion, that these animals recognise the direction from where the smell comes with the aid of their antennae. They cannot, therefore, direct their flight away from the repellent gas current.

2. After forced tarsal contact with a layer of Kik the test animals showed according to their species a more or less pronounced shock. With the exception of *Cimex* however the tendency to crawl away or escape is more intense than the irritation produced by tarsal contact with Kik.
3. As a general rule Kik—and probably also other repellents—are perceived by quite different sense-organs: antennae, tarses and dispersed sense-cells. This decentralization of the taste and olfactory organs appears to be the primary reason for which the mechanism of action of Kik could not be explained entirely.
4. Tests with normal *Stomoxys* without antennae enabled some aspects on their sense of warmth. Judging by the behaviour of *Stomoxys* without antennae, the antennae are probably the only sense-organs which perceive the irritation produced by warmth at a certain distance. Since the insects do not stretch their proboscis or react by biting, it can be concluded, that these reflections are normally attributed to the perception of irritation caused by proximate warmth by the sense-organs of the antennae.

---