Ein Beitrag zu den Problemen um die Blutmahlzeit von Stechmücken

Autor(en): **Freyvogel, Thierry A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Acta Tropica**

Band (Jahr): **18 (1961)**

Heft 3

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-310947

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweizerisches Tropeninstitut, Basel.

Ein Beitrag zu den Problemen um die Blutmahlzeit von Stechmücken.*

Von THIERRY A. FREYVOGEL.

Inhalt

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 202

I. Einleitung 202

II. Material und Technik 203

III. Vorversuche und Nebenergebnisse mit *Aedes aegypti* 205
1. Praeferenz für die Hände der Versuchspersonen 205
2. Die Aktivität während der 10 Versuchsminuten 206
3. Die Reaktionsgeschwindigkeit gegenüber verschieden guten Attraktoren 207
4. Einteilung der Weibchen nach ihrer Aktivierbarkeit . . . 209
5. Die Aktivität während eines Versuchstages 210
6. Unterschiede der Stechbereitschaft an verschiedenen Tagen . . 211
7. Attraktionsschwankungen einzelner Personen 212
8. Attraktionsunterschiede verschiedener Personen 212
9. Die Attraktion bei Afrikanern verschiedener Stammeszugehörigkeit 213
10. Unterschiedliche Stechlust in Ifakara und in Basel . . . 213

IV. Versuche mit *Anopheles gambiae* 214
1. Praeferenz für die Hände der Versuchspersonen 214
2. Der Versuchsverlauf, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Einteilungsmöglichkeiten 215
3. Die Aktivität während eines Versuchstages 216
4. Die Aktivität an verschiedenen Versuchstagen 216
5. Unterschiedliche Attraktion durch verschiedene Personen . . 217

V. Die Bedeutung des Alters und Geschlechts des Menschen für sein Anziehungsvermögen gegenüber *Aedes aegypti* 218

VI. Zur Bedeutung der Rassenzugehörigkeit des Menschen für seine Attraktion gegenüber *Aedes aegypti* 224

VII. Zur Frage des Einflusses von Klima und Wetter auf die Stechbereitschaft von *Aedes aegypti* und *Anopheles gambiae* 229

VIII. Diskussion und Folgerungen 237
A. Mensch als Wirt 237
B. Mücke 241
C. Milieu 242
D. Voraussetzungen zum Blutsaugakt von Stechmücken . . . 245

Literatur 246

Résumé 248

Summary 250

* Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor RUDOLF GEIGY, in Dankbarkeit gewidmet.

Verwendete Abkürzungen.

SG	Säuglinge.
KK	Kleinkinder.
SK	Schulknaben.
SM	Schulmädchen.
MS	Mittelschüler.
EM	Erwachsene Männer.
EF	Erwachsene Frauen.
A	Arm.
H	Hand.
IEAH	Index für «Einstiche» an Arm und Hand.
IEF	Index für «Einstiche» auf Flasche (künstlicher Arm).
IET	Index für die Gesamtzahl der «Einstiche» eines Versuchs.
RLF	Relative Luftfeuchtigkeit.

I. Einleitung.

Die vorliegende Veröffentlichung bildet einen weitern Beitrag der Arbeitsgemeinschaft des Schweizerischen Tropeninstituts, mit Herrn Prof. R. GEIGY als Leiter und Herrn Dr. U. RAHM (seinerzeit Basel) sowie dem Autoren (seinerzeit am Feldlaboratorium des Schweiz. Tropeninstituts in Ifakara, Tanganyika) als Mitarbeitern. Es soll das nicht wiederholt werden, was RAHM über die allgemeine Fragestellung und über die frühern Arbeiten anderer Autoren bereits geschrieben hat (32, 33). Wir beschränken uns darauf hinzuweisen, daß die spezielle Fragestellung, welche dieser neuen Arbeit zugrundeliegt, aus unsern Untersuchungen über die «Malaria in tiefer und mittlerer Höhenlage» (9) hervorging. Wir waren damals — ebenfalls in Tanganyika — auf das Problem der «Stechlust der Mücken gegenüber verschieden alten Personen» gestoßen, welchem bisher, soviel uns bekannt ist, im afrikanischen Bereich nie systematisch nachgegangen wurde. Im Hinblick auf die Epidemiologie der Malaria waren vor allem Versuche mit *Anopheles gambiae* geplant. Wie im folgenden Kapitel noch ausgeführt wird, mußten wir darauf jedoch weitgehend verzichten und die Großzahl der Versuche mit *Aedes aegypti* ausführen. Immerhin legt der Vergleich der Resultate an dieser Mückenart mit jenen an *Anopheles gambiae* und mit der Literatur den Gedanken nahe, daß die an *Aedes aegypti* gewonnenen Einsichten ganz allgemein für eine große Zahl blutsaugender Mücken gelten.

Diese Untersuchungen wurden an zahlreichen Afrikanern und einigen Europäern vorgenommen. Sie boten uns deshalb die Gelegenheit zu einer ganzen Reihe weiterer Beobachtungen, welche sich auf die Mücke, ihren Wirt und das, beiden gemeinsame, Milieu — insbesondere das «atmosphärische» Milieu — erstrecken; davon soll im folgenden ebenfalls berichtet werden. Schließlich führte die Fülle der Erfahrungen und Eindrücke im Zusammenhang mit der Blutmahlzeit der Stechmücken zum Bedürfnis nach einer möglichst einfachen Übersicht dieses so komplexen Geschehens.

Eine derartige Arbeit ist kaum je das Werk eines Einzelnen. Es ist mir deshalb ein großes Anliegen, allen jenen zu danken, die mir mit Rat und Tat — auch als Versuchspersonen — zur Seite gestanden haben. Mein Dank gilt vor allem den Herren Prof. GEIGY und Dr. RAHM, den beiden andern Teilnehmern der erwähnten Arbeitsgemeinschaft. Er gilt ferner den Herren Prof. PORTMANN (Universität Basel) für sein immer neu erwiesenes Interesse und Wohlwollen, Prof. BATSCHELET (Universität Basel) für seine fruchtbare Kritik

an der mathematischen Auswertung der gewonnenen Resultate, Drs. LAURENCE und MCCLELLAND (London School of Hygiene & Tropical Medicine) für die freundliche Bestätigung der taxonomischen Bestimmung unserer Hauptversuchsmücke, Drs. BIDER (Universität Basel), KAUFMANN (Kinderspital Basel), PRADER (Kinderspital Zürich) und REIFF (Universität Basel) für ihre wertvollen Anregungen. Er gilt wiederum in besonders herzlicher Weise allen Gliedern der Schweizer Kapuziner-Mission, in deren Stationen ich während dreier Jahre auf sympathischste Art aufgenommen war. Er gilt aber auch meinen vier afrikanischen Laboranten und Gehilfen, welche in wachsendem Verantwortungsbewußtsein Seite an Seite mit mir arbeiteten. In Dankbarkeit seien schließlich noch die folgenden schweizerischen Stiftungen erwähnt, deren großzügige Beiträge den erforderlichen langen Auslands-Aufenthalt erst ermöglichten: *Janggen-Poehn-Stiftung, Basler Stiftung für Experimentelle Zoologie, Freiwillige Akademische Gesellschaft, St. Alban-Stift* und *Theodor-Engelmann-Stiftung.*

II. Material und Technik.

Dem Wesen unseres Teamworks entsprechend hielten wir uns in Ifakara soweit als irgend möglich an die Methoden, welche von RAHM (32) ausgearbeitet und in Basel mit Erfolg angewandt worden waren. Es seien deshalb im folgenden nur die wichtigsten und einige abweichende Punkte hervorgehoben. Im übrigen sei auf die ausführliche Beschreibung des Testkäfigs und der Methode durch RAHM hingewiesen.

Im Hinblick auf unsere besondere Fragestellung wurden die Versuchspersonen in folgende 5 Altersgruppen eingeteilt:

Säuglinge (SG)	0—18 Monate
Kleinkinder (KK)	1½—6 Jahre
Schulkinder (SK/SM)	7—11 Jahre
Mittelschüler (MS)	12—18 Jahre
Erwachsene (EM/EF)	19—45 Jahre.

Männliche und weibliche Personen wurden zunächst gesondert behandelt, bis sich im Verlauf der Arbeit zeigte, daß der Geschlechtsunterschied bei gewissen Altersgruppen hinsichtlich der Anziehung von Stechmücken belanglos ist. Die erwachsenen Männer waren in der Mehrzahl Bauarbeiter; doch fanden sich unter ihnen auch Lehrer, Hausangestellte und Spitalgehilfen. Wie diese wurden auch die Mittelschüler, Primarschüler und -schülerinnen für einige Minuten von der Arbeit weggeholt. Die Frauen kamen von der Hausarbeit, die Kinder vom Spiel. Es wurde darauf geachtet, keine Personen zu testen, die außer Atem oder schweißbedeckt waren. Anfänglich ließ man den Versuchsarm kalt spülen und trocknen; diese Maßnahme erwies sich jedoch als überflüssig und wurde wieder fallen gelassen. Mit Rücksicht auf die wechselnde Aktivität der Mücken während eines Versuchstages wurden die Vertreter der verschiedenen Altersgruppen möglichst gleichmäßig durchmischt (vgl. Kap. III, Abschn. 5). Die Versuche mit Europäern wurden möglichst wahllos unter diejenigen an Afrikanern eingestreut.

Die größere Zahl der Versuche wurde mit *Aedes aegypti* L. sensu strictu, Typus-Form (MATTINGLY, 23) durchgeführt. Aus Basel wurde der Stamm bezogen, der schon von RAHM benützt worden war. Zuchtmethoden und Behandlung der Mücken vor dem Versuch waren dieselben wie in Basel. Für jeden Versuchstag wurden frische Weibchen verwendet. Um die natürliche Sterblichkeit während eines Tages auszugleichen, wurden frühmorgens etwas mehr als 100 Weibchen in den Versuchskäfig (Typ II) gebracht. Bei den Versuchsserien

EM, MS, SK, KK, Weiße, wurde die Attraktion von Hand und Arm einer einzelnen Versuchsperson mit derjenigen einer feucht-warmen Flasche verglichen. Das Ergebnis am Menschen, d. h. die Anzahl der «Einstiche» an Hand und Arm, wird als Index für die «Einstiche» auf Arm und Hand (IEAH) angegeben; dasjenige für die Flasche als Index für die «Einstiche» auf der Flasche (IEF); die Summe von IEAH und IEF bezeichnen wir als Index für die Totalzahl der «Einstiche» während eines Versuchs (IET). Der IEAH berechnet sich wie folgt:

$$\text{IEAH} = \frac{\text{Anzahl «Einstiche» a. Arm u. Hand}}{\text{10 Versuchsminuten}} \times \frac{100}{\text{Anzahl der beim Versuch im Käfig lebenden Mücken}}$$

Der IEF berechnet sich analog. Durch Addition vom IEAH und IEF erhält man den IET. Bei den Versuchsserien SK/SM, EM/EF und SG/KK wurden zwei Vertreter verschiedener Alters- oder Geschlechtsgruppen gleichzeitig getestet und einander direkt gegenübergestellt. Der IET setzt sich in diesem Fall aus den

TABELLE 1.
Zeitliche Anordnung der verschiedenen Versuchsserien.

Jahr	Monat	Mückenart	Versuchsart	Anzahl Versuchs-Personen	Anzahl Versuche
1957	IV–V	A. gambiae	Vorversuche am Autor u. Laborpersonal	5	49
	V–VII		Vorversuche am Laborpersonal	4	31
	VI–VII		Vergleich EM/SK	21	20
	VII		Versuche mit Weißen	5	11
1957	X–XI	A. aegypti	Vorversuche am Autor	1	48
	XI		Vorversuche an EM	22	64
	XI		Vorversuche an SK	21	63
	XI–XII		Vorversuche an Weißen	10	28
1958	I–II		Vorversuche an KK	12	12
	I–II		Vorversuche an MS	12	12
1958	II–III	A. aegypti	Versuche an EM	40	40
	II–III		Versuche an MS	42	42
	II–III		Versuche an SK	42	42
	II–III		Versuche an KK	42	42
	II–III		Versuche an Weißen	11	11
	III		Vergleich Knaben/Mädchen	63	32
	III–IV		Vergleich EM/EF	64	32
	IV		Vergleich Bein/Arm von Kleinkindern	20	20
	IV		Vergleich SG/KK	61	32

Total 262 Hauptversuche an 320 Afrikanern.
227 Vorversuche an 78 Personen versch.Rasse.

beiden IEAH zusammen. Beim Zählen der Mücken wurden nur jene Tiere berücksichtigt, welche über Arm oder Hand saßen und Stechbewegungen ausführten. Bloß anfliegende Mücken wurden nicht gezählt.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Epidemiologie der Malaria wurden auch einige Tests mit *Anopheles gambiae* Giles ausgeführt. Es wurde versucht, am Feldlaboratorium eine Zucht dieser Mückenart mit Larven und Imagines aus der Umgebung Ifakaras aufzubauen. Diese Bemühungen blieben insofern erfolglos, als die Zucht nicht selbsttragend wurde: die Weibchen der F_1-Generation legten zu wenig Eier ab. Vermutlich lag der Grund darin, daß die um Ifakara frei lebenden Stämme von *Anopheles gambiae* zur Begattung einen erheblichen Flugraum benötigen. Nach einer mündlichen Mitteilung von SHUTE sollte sich dieses Bedürfnis durch allmähliches Verkleinern der Zuchtkäfige im Laboratorium «korrigieren» lassen. Die Anopheles-Weibchen erfuhren die gleiche Behandlung wie diejenigen von *Aedes aegypti*.

Alle Versuche wurden in einem speziellen Laboratoriumsraum abgehalten, wo die Licht-, Temperatur- und Feuchtigkeits-Verhältnisse ziemlich konstant waren (vgl. Kap. III, Abschn. 10). Da die Verteilung der Versuche auf die Jahreszeiten für die Beurteilung gewisser Resultate von Bedeutung sein könnte, findet sich die zeitliche Anordnung der Versuchsserien in der Übersicht Tabelle 1 dargestellt.

III. Vorversuche und Nebenergebnisse mit Aedes aegypti.

1. Praeferenz von Aedes aegypti für die Hände der Versuchspersonen.

RAHM (32) hat bereits auf diesen Punkt hingewiesen. Wir können seinen Befund nun auch für Afrikaner und Europäer in Afrika bestätigen und im folgenden etwas genauer umschreiben.

56 Versuche aus den Serien KK, SK, MS, EM und EM/EF wurden wahllos herausgegriffen und die Zahl der «Einstiche» auf der Hand mit derjenigen am Arm verglichen. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, werden, unabhängig vom Alter und Geschlecht der Versuchspersonen, im Durchschnitt von der Hand dreimal mehr Mücken angezogen als vom Arm. Tabelle 2 umfaßt aber auch solche Personen, bei denen umgekehrt die Arme attraktiver waren als die Hände. Um zu erfahren, wie häufig dieser Fall vorkommt, wurde in 400 Versuchen (mit fast ebenso vielen Versuchspersonen) gezählt, wie oft der Arm mehr «Einstiche» aufwies als die Hand. Es geschah 31mal. Bezogen auf 400 macht dies einen Anteil von 7,8% aus. Werden die gleichen Versuchspersonen mehrmals getestet, beobachtet man, daß einige unter ihnen bald mit dem Arm, bald mit der Hand anziehender wirken. In 63 Vorversuchen wurden 21 Männer je dreimal geprüft. Dabei zogen 12 EM in allen drei Versuchen, 8 EM in zwei Versuchen und nur 1 EM in einem einzigen Versuch mehr mit der Hand an. Wenn es also schon selten ist, daß Leute hin und wieder mit dem Arm attraktiver sind als mit der Hand, so ist es noch viel seltener, daß dies bei einzelnen die Regel bildet. Ein Fall ist uns bekannt, wo in 50 Versuchen 28mal der Arm bevorzugt wurde.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die überwiegende Mehrzahl der Afrikaner und Europäer mit der Hand die stärkere Attraktion ausübt, und daß diese etwa dreimal größer ist als diejenige des Armes.

TABELLE 2.
«Einstiche» auf Hand und Arm in 56 Versuchen.

	KK (Knaben) 10 Versuche		KK (Mädchen) 6 Versuche		SK 10 Versuche		MS 10 Versuche		EM 10 Vers.		EF 10 Vers.	
	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A
«Einstiche»	956	352	274	107	1222	259	883	379	1751	582	700	282
Quotient $\frac{H}{A}$	2,7		2,6		4,7		2,3		3,0		2,5	

2. Die Aktivität von Aedes aegypti während der 10 Versuchsminuten.

Grundsätzlich ist das Verhalten der Aedes-Weibchen innerhalb der 10 Versuchsminuten in Ifakara gleich wie in Basel: bei der 4., spätestens bei der 5. Zählung ist die Großzahl der aktivierbaren Mücken stimuliert. Von da weg steigt die Anzahl der «Einstiche» bis zur zehnten Minute nur noch schwach an. Figur 1 (Durchschnittskurve) veranschaulicht das. In ihr sind 32 Versuche an Schulknaben und -mädchen, 32 an erwachsenen Männern und Frauen und 36 an Männern und Knaben verwertet, wobei die ersten zwei Versuchsgruppen in der Regenzeit, die dritte in der Trockenperiode ausgeführt wurden. Daß die Werte der dritten Gruppe wesentlich niedriger liegen als die der ersten zwei, beruht darauf, daß in diesen Versuchen je zwei Personen gleichzeitig getestet wurden, in jenen nur eine. Aus dem Verlauf der übrigen drei Kurven geht außerdem leicht hervor, daß kein Unterschied der Reaktionsgeschwindigkeit der Mücken zu bestehen scheint, weder gegenüber verschieden starken Attraktoren (SK/SM gegenüber EM/EF) noch zu verschiedenen Jahreszeiten. Dasselbe geht im großen und ganzen aus der graphischen Darstellung Figur 2 hervor. Aus ihr wird ersichtlich, wie häufig in unsern 520 Versuchen das Maximum an «Einstichen» in der 1., 2., ... 10. Versuchsminute erreicht wurde. Die verschieden gekennzeichneten Säulen geben die Anzahl der «Einstichmaxima» getrennt für

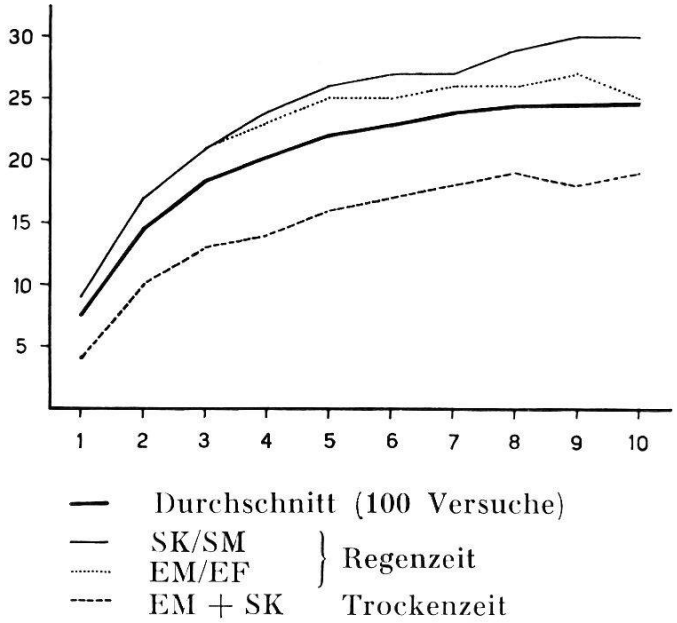


Fig. 1. Die Attraktion der Mücken während der 10 Versuchsminuten.
Abszisse: Zählung. — Ordinate: IET.

Vormittag und Nachmittag, Regenzeit und Trockenzeit; die in der Zählungskolonne eingetragene Zahl ist die Summe der 4 zugehörigen Säulen. Wiederum scheint kein wesentlicher Unterschied im Versuchsverlauf vorzuliegen, weder für die Trocken- und Regenzeit noch für Vor- und Nachmittag. Dagegen wird hier doch deutlich, daß die Zahl der «Einstiche» bis zur 10. Minute zunimmt und daß bei längerer Versuchsdauer möglicherweise höhere und statistisch besser auswertbare Zahlen erhältlich wären. Wenn wir trotzdem beim 10-Minuten-Versuch blieben, so deshalb, weil wir RAHMs Methoden benützen wollten, und weil wir glauben, daß bei längerer Versuchsdauer keine wesentlich andern Resultate zustande kämen.

Wir können also sagen, daß der Versuchsverlauf in Basel und in Ifakara grundsätzlich derselbe ist, unabhängig von der Tages- und Jahreszeit.

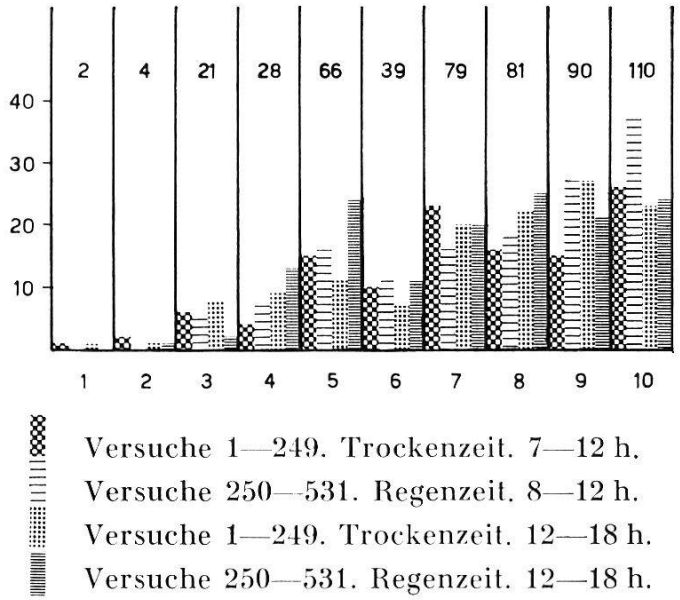


Fig. 2. Die zeitliche Verteilung der größten Anzahl «Einstiche» während der 10 Versuchsminuten.
Abszisse: Zählung. — Ordinate: Versuche.

3. Die Reaktionsgeschwindigkeit von Aedes aegypti gegenüber verschieden guten Attraktoren.

Da die Reaktionsgeschwindigkeit der Mücken möglicherweise etwas Bestimmteres über die volatilen Substanzen, welche von der menschlichen Haut ausgeschieden werden, aussagen ließe, soll im folgenden genauer geprüft werden, ob die Aedes-Weibchen auf gute Attraktoren rascher ansprechen als auf schwache.

Zu diesem Zweck vergleichen wir zunächst die Versuche an erwachsenen Männern als guten mit denen an Knaben als schwächern Attraktoren (siehe Kap. V). In Tabelle 3 sind für jede Versuchsminute die durchschnittlichen «Einstichzahlen» an 46 EM bzw. 46 SK eingetragen. Als bessere Attraktoren vereinigen die Männer mehr «Einstiche» auf sich: die absoluten Zahlen sind höher. Wievielmal größer diese als diejenigen der Knaben sind, wird durch den «Faktor» angegeben. Würden die Mücken auf die Männer rascher reagieren, müßte der «Faktor» anfänglich höher sein und gegen Versuchsende absinken. Er bleibt jedoch von Anfang bis Schluß des Versuchs gleich. Die Aedes-Weibchen sprechen also im allgemeinen auf Männer und Knaben gleich rasch an.

TABELLE 3.
Die zeitliche Verteilung der «Einstiche» bei Männern und Knaben (II/III 1958).

Zählung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EM	233	450	620	716	806	833	897	915	908	928
SK	187	348	488	565	624	659	659	713	692	773
Faktor	1,25	1,29	1,27	1,27	1,29	1,26	1,36	1,28	1,31	1,20

Zum ähnlichen Schluß gelangt man, wenn wir zweitens den Verlauf der Versuche an zwei Einzelpersonen, dem stark attraktiven O. M. und dem schwach attraktiven L. K. (vgl. Tabelle 6) vergleichsweise analysieren. In Tabelle 4 sind die Summe der «Einstiche» während je dreier Versuche und der «Faktor» angeführt. Er bleibt auch in diesem Fall relativ konstant: O. M. zieht etwa doppelt so stark an als L. K.; doch ist es nicht so, daß die Mücken erst später auf L. K. reagieren würden. In Figur 3 ist der Verlauf der sechs entsprechenden Einzelversuche dargestellt. Auch aus diesem Bild ergibt sich dasselbe: die Reaktionsgeschwindigkeit der Aedes-Weibchen ist gegenüber verschieden wirkenden Attraktoren gleich. Allerdings muß hier eines beigefügt werden: Aus der Summenkurve von L. K. geht klar hervor, daß praktisch alle aktivierbaren Mücken bei der 4. Zählung bereits stimuliert sind. Für O. M. zeigt die Summenkurve bei Zählung 3 einen ersten Höhepunkt, dessen Wert nach einem vorübergehenden Absinken bei der 6. Zählung wieder erreicht wird. Dies erklärt sich aus der Versuchsanordnung: die hungrigen Mücken können wegen der Entfernung des Gazebodens vom menschlichen Arm diesen nicht erreichen; sie fliegen zum Teil nach einem ersten Versuch wieder auf, um es bald darauf nochmals zu probieren. Der Wert der dritten Zählung wird dann aber im folgenden, besonders bei der 7. und 8. Zählung wesentlich übertroffen; weitere, zuvor nicht stimulierte Mücken wurden also neu zum Saugakt angeregt. Dieser zweite Schub tritt bei L. K. nicht auf. Wenn wir sagen, die Reaktionsgeschwindigkeit der Aedes-Weibchen sei gegenüber verschieden wirkenden Attraktoren gleich, so muß präzisiert werden, daß wir dabei die «unbedingt aktivierbaren» Mücken

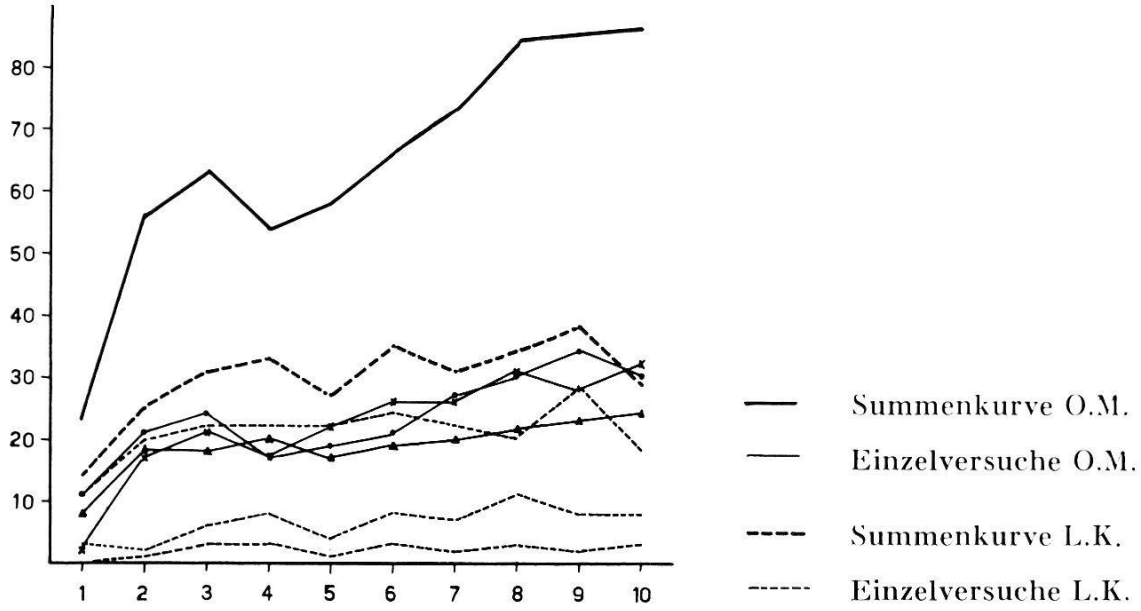


Fig. 3. Der Verlauf der Versuche an zwei ungleichen Attraktoren.
Abszisse: Zählung. — Ordinate: «Einstiche».

TABELLE 4.
Die zeitliche Verteilung der «Einstiche» bei einer stark und einer schwach attraktiven Person (Summe je dreier Versuche).

Zählung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O.M.	23	56	63	54	58	66	73	84	85	86
L.K.	14	25	31	33	27	35	31	34	38	29
Faktor	1,47	2,24	2,03	1,64	2,15	1,89	2,36	2,48	2,24	3,07

meinen. Im Gegensatz zu diesen wären jene des zweiten Schubs als «bedingt aktivierbar» anzusprechen, jene, welche nur unter besonders günstigen Umständen, beispielsweise eben in Gegenwart eines guten Attraktors, stimuliert werden. Für diese ist die Reaktionszeit gegenüber verschiedenen Attraktoren ungleich.

4. *Einteilung der Aedes-Weibchen nach ihrer Aktivierbarkeit.*

Um zu prüfen, ob unter günstigen Umständen der «zweite Schub» die Regel bildet, wurde in Figur 4 der Verlauf von 8 Versuchen (an EM) graphisch dargestellt, von 4 in welchen hohe und 4 bei denen niedrige «Einstichzahlen» erreicht wurden. Die Kurven 259, 287 und 311 lassen auf die Stimulierung der «bedingt aktivierbaren» Weibchen schließen. Im Versuch 272 ist zwar kein zweiter Schub festzustellen; doch ist der erste so ergiebig, daß wir zur Ansicht neigen, daß auch hier die «bedingt aktivierbaren» Mücken zu saugen versuchten. Anderseits zeigen die vier übrigen Kurven das Maximum durchwegs bei der 5. Zählung, d. h. 4½ Minuten nach Versuchsbeginn, was mit unserer Feststellung in Abschnitt 2 übereinstimmt, wonach bei der 4., spätestens bei der 5. Zählung die Großzahl der aktivierbaren Mücken stimuliert ist. Ein zweiter Schub ist unter ungünstigen Umständen nur ausnahmsweise zu beobachten; die «bedingt aktivierbaren» Mücken reagieren nicht.

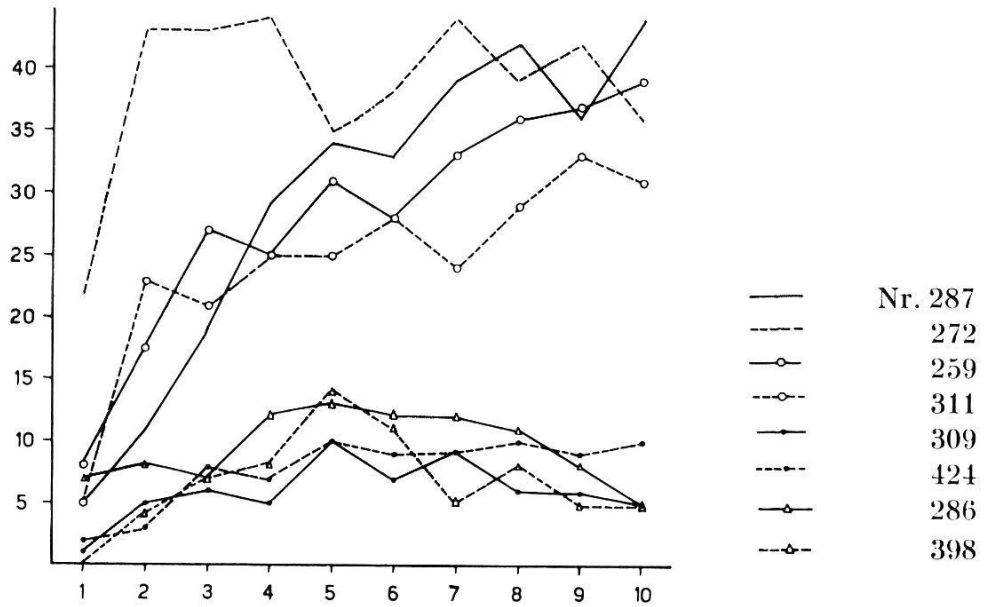


Fig. 4. Der Versuchsverlauf in 8 Einzelfällen.
Abszisse: Zählung. — Ordinate: «Einstiche».

Demnach scheint es, als ob in einer geschlossenen Gruppe von Aedes-Weibchen — trotz gleichartiger Behandlung und Umwelt — in der Regel drei Gruppen unterschieden werden könnten:

die unbedingt aktivierbaren,
die bedingt aktivierbaren,
die nicht aktivierbaren.

Zu den «unbedingt aktivierbaren» sind solche zu rechnen, welche auf eine dargebotene Nahrungs-Reizquelle, gleich welchen Qualitätsgrades, innert 4½ Minuten ansprechen. Unter den «nicht aktivierbaren» verstehen wir jene, welche unter keinen Umständen reagieren. Die «bedingt aktivierbaren» umschließen solche, die nur unter verhältnismäßig günstigen Umständen zur Nahrungsaufnahme zu bewegen sind. Diese letzte Gruppe kann nicht homogen sein, vielmehr gibt es Abstufungen der Bedingtheit. Denn wir wissen, daß gute Attraktoren schon in den ersten Minuten mehr Mücken anlocken als schlechte. Einige der «bedingt aktivierbaren» müssen also allein dank der bessern Qualität der Reizquelle zu rascher Reaktion stimuliert werden. Anders verhält es sich mit den Mücken, welche erst am zweiten Schub beteiligt sind. Sie werden erst durch das *Andauern* des hochwertigen Reizes zur Reaktion bewogen.

Wollten wir dem Umstand Rechnung tragen, daß wir uns die Qualität der Reizquelle beliebig abgestuft und ihre Wirkung zeitlich beliebig ausgedehnt denken können, wäre es vielleicht richtiger, alle Mücken eines Versuchskäfigs als «bedingt aktivierbar» anzusehen. Doch dürfte unsere Einteilung in die drei genannten Gruppen für praktische Zwecke brauchbarer sein; sie soll deshalb vorderhand beibehalten werden.

5. *Die Aktivität von Aedes aegypti während eines Versuchstages.*

GEIGY und UTZINGER (12) und RAHM (32) stellten in Basel fest, daß «Aedes-Weibchen von morgens bis abends normalerweise gleich gut aktiv» sind, wenngleich RAHM auf Grund einiger seiner Beobachtungen vermutete, daß ihre Aktivität gegen Abend hin zunehmen könne. Für Ifakara bildet dies sicher die Regel. Wir beschränken uns hier darauf, in Figur 5 die «Stechaktivität» in Funktion der Tageszeit zu setzen, woraus erstens die Steigerung der Stechbereitschaft im Verlaufe des Tages und zweitens ihre vorübergehende Verminderung um die Mittagszeit hervorgehen. Es wird in der Diskussion über die Bedeutung der Klima- und Wetter-Faktoren nochmals auf diese zwei Punkte zurückzukommen sein. Im Hinblick auf die geplanten Versuche teilten wir unter Berücksichtigung der wechselnden Stechaktivität den Versuchstag in 3 Perioden ein:

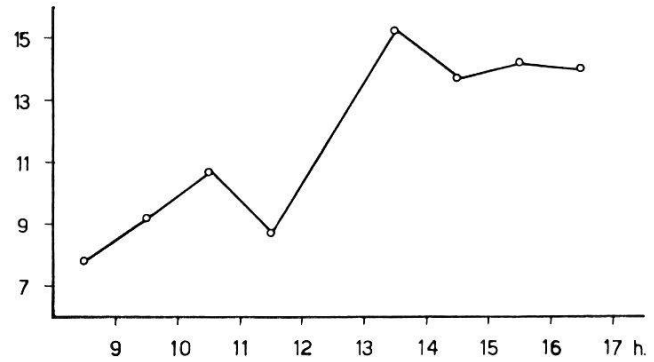


Fig. 5. Die Stechaktivität von *Aedes aegypti* während des Tages.
(365 Versuche, II—IV, 1958.)
Ordinate: IET.

von 08.00 bis 11.00 h, 11.00 bis 14.00 h und 14.00 bis 17.00 h. Die Mehrzahl der Versuche wurde um 9, 10, 11, 13.30, 14.30 und 15.30 h abgehalten. Es wurde, speziell bei Versuchen mit nur einer Person, darauf geachtet, daß die Vertreter der verschiedenen Altersgruppen gleichmäßig auf die drei Tagesperioden verteilt waren.

6. Unterschiede der Stechbereitschaft von Aedes aegypti an verschiedenen Tagen.

Trotz durchgehend gleichartiger Behandlung der Mückenweibchen vor und während des Versuchstages beobachteten wie RAHM auch wir, daß die Aedes an gewissen Tagen oder Halbtagen gegenüber allen Versuchspersonen auffallend gut oder ausnehmend schlecht reagierten. Allein Versuche am Menschen lassen den Schluß auf wechselnde Reaktionsbereitschaft der Mücken nicht zu, weil sein Attraktionsvermögen ebenfalls Änderungen unterworfen sein kann. Es seien deshalb hier zwei Versuchsreihen mit der feucht-warmen Flasche erwähnt, deren Reizfaktoren konstant gehalten werden können (Tabelle 5). Am 23. 12. war die gewohnte Aktivitätssteigerung gegen Abend hin zu beobachten; am 14. 11. dagegen war die Zeit von 12 bis 16 h von einer ausgesprochenen Passivität gekennzeichnet. (Erstaunlich ist dann der sprunghafte Anstieg auf den IEF 17,2 um 16.30 h, für welchen die Milieubedingungen, soweit sie uns bekannt sind, keine Erklärung liefern.) Wenn diese eine Gegenüberstellung an sich noch keinen strengen Beweis für das wechselnde Verhalten der Mücken darstellt, so glauben wir doch, daß die Gesamtheit der Hinweise zwingend ist. In Kapitel VII wird auf dieses Phänomen zurückzukommen sein.

TABELLE 5.

Die Stechbereitschaft von Aedes aegypti gegenüber dem künstlichen Arm an zwei verschiedenen Tagen (IEF).

Zeit	07.50	08.30	09.30	10.30	11.30	12.40	13.30	14.30	15.25	16.30	17.40
Wetter	—	lb W	lb	lb	S W	S W	lb W	S W	S W	lb W	S W Eindunkeln
Temp.	—	28,9	29,2	29,2	29,2	29,3	29,3	29,4	29,5	29,6	29,6
RLF%	—	70	68	68	65	64	64	62	59	56	56
mm Hg	—	741,9	742,2	742,0	741,2	740,1	739,5	739,0	738,2	738,0	738,8
14. 11. 57	—	8,8	6,3	4,3	2,6	2,7	4,1	5,8	3,0	17,2	11,6
23. 12. 57	10,5	6,4	4,7	3,4	—	16,8	17,8	8,9	20,2	17,5	—
mm Hg	739,5	741,2	740,9	740,0	739,5	738,0	737,5	736,1	736,3	736,0	—
RLF%	71	68	69	70	71	67	65	60	56	58	—
Temp.	30,6	30,2	30,4	30,5	30,6	30,7	30,7	30,8	31,0	31,0	—
Wetter	S	lb	lb	b	S	S	S	S	S	S	—

RLF% = rel. Luftfeuchtigkeit in %, mm Hg = Luftdruck, l = leicht, b = bewölkt, W = Wind, S = Sonne.

7. Attraktionsschwankungen einzelner Personen.

Solche gibt es zweifellos auch bei Afrikanern. Doch lassen sie sich ebensowenig eindeutig nachweisen wie die Unterschiede der Stechbereitschaft der Mücken-Weibchen. Immerhin darf der Umstand, daß einzelne Menschen bald mit dem Arm, bald mit der Hand attraktiver wirken, als guter Hinweis für Attraktionsschwankungen bei ihnen gelten. RAHM machte in diesem Zusammenhang auf die Bedeutung des körperlichen Allgemeinzustandes der Versuchspersonen aufmerksam. Wir möchten seine Beobachtungen erweitern und die Vermutung äußern, daß die Häufigkeit solcher Attraktionsschwankungen bis zu einem gewissen Grad mit der charakterlichen Veranlagung der Einzelnen zusammenhängt, in dem Sinne, als ruhige, gleichmütige Personen weniger Schwankungen aufwiesen als etwa nervöse, empfindsame oder launenhafte Leute.

8. Attraktionsunterschiede verschiedener Personen.

RAHM teilte in Basel seine 10 europäischen Versuchspersonen in drei Kategorien verschieden wirksamer Attraktion ein, in sehr stark, mittelstark und schwach attraktive Individuen. Auch für die Afrikaner können wir eine ähnliche Einteilung vornehmen. Als Beispiele wählen wir Personen, die in den Vorversuchen je dreimal getestet wurden (Tabelle 6).

TABELLE 6.
Attraktionsunterschiede bei Afrikanern.

		Altersgruppe	Zahl der «Einstiche» in drei Versuchen			Durchschnitt
Stark attraktiv	O. M.	EM	214	162	162	179
	H. J.	SK	140	118	99	119
	A. A.	SK	131	103	100	111
	P. H.	EM	123	80	130	111
Mittel attraktiv	T. L.	EM	60	67	116	81
	F. E.	EM	66	124	44	78
	A. L.	SK	31	77	52	53
	A. K.	SK	47	58	48	51
Schwach attraktiv	L. K.	EM	5	44	20	23

Für eine derartige Einteilung eignen sich aber nur Personen, deren Versuchsergebnisse gleichmäßig ausgefallen sind. Wie schon in Abschnitt 7 gesagt wurde, gibt es auch unter den Afrikanern Leute, deren Attraktivität stark schwanken kann, und die deshalb keiner derartigen Gruppe eingereiht werden können. Die folgenden drei sind typische Beispiele dafür:

	«Einstichzahlen» bei 3 Versuchen		
G. K. (EM)	108	20	153
M. K. (EM)	238	90	172
F. P. (SK)	29	245	119

Trotz dieser Einschränkung kann der Befund RAHMs bestätigt und auch auf die Afrikaner ausgedehnt werden.

9. Die Attraktion bei Afrikanern verschiedener Stammeszugehörigkeit.

Daß Angehörige von gebirgsbewohnenden Stämmen auf die Mücken attraktiver wirkten als solche aus Völkerschaften, welche seit Generationen in mückenverseuchten Flußtälern leben, ist ein Gedanke, der sich im Verlaufe der Arbeit als unrichtig erwies. Bei unseren Untersuchungen wurden Mitglieder folgender Stämme getestet (mit * sind diejenigen gekennzeichnet, aus denen die zahlreichsten Personen untersucht wurden):

aus dem nähern Umkreis Ifakaras		von fernher zugewandert
Gebirgsstämme	*Talstämme*	
*Pogoro	*Mbunga	Sagara
*Ngoni	*Ndamba	Luguru
Ngindo	Bena	Chagga
Hehe	Rufiji	Nyamwezi
		Fipa
		Nyasa
		Mwera
		Matumbi.

Im Verlauf der vier Versuchsserien EM, MS, SK, KK wurden 40 Wapogoro und Wangoni und 93 Wambunga und Wandamba geprüft. Für die ersten betrug der IEAH 10,6, für die zweiten 11,9. Auch die Resultate vereinzelter Angehöriger der andern aufgeführten Stämme fielen nie aus dem allgemeinen Rahmen. Die Aussage dürfte deshalb berechtigt sein, wonach die Stammeszugehörigkeit für die Attraktion gegenüber Aedes-Weibchen bedeutungslos ist. Sie ist um so plausibler, wenn man bedenkt, daß dasselbe auch auf die Rassenzugehörigkeit zuzutreffen scheint (s. Kap. VI).

10. Unterschiedliche Stechlust in Ifakara und in Basel.

RAHM (32) gibt für 12 Vorversuche an Männern und Frauen als «Einstichzahlen» pro Minute Werte zwischen 16,1 und 54,3 an, bei einem Durchschnitt von 40,8. In 32 Versuchen an afrikanischen Männern und Frauen kamen wir auf Werte von 8,3 bis 40,2, bei einem Durchschnitt von bloß 22,6. RAHM bezeichnet auf Grund von Einzelversuchen Personen mit über 300 «Einstichen» pro Versuch als sehr stark attraktive, solche mit weniger als 200 als schwach attraktive Individuen. Wollten wir denselben Maßstab anwenden, müßten wir alle Versuchspersonen in Ifakara zu den schwachen Attraktoren zählen.

Der Grund für niedrigere «Einstichzahlen» kann beim Menschen oder bei der Mücke liegen. Der Mensch scheint im vorliegenden Zusammenhang außer Betracht zu fallen. Der Vergleich mit Afrikanern und Europäern und ferner von Europäern nach langjährigen Tropenaufenthalten mit Neuzugereisten läßt den Gedanken nicht zu, daß der Mensch in Afrika Mücken weniger wirksam anlockt als in Europa; es erschiene dies in einem Lande, da Millionen Stechmücken vom Menschen leben, auch sinnlos. Der Grund muß bei den Mücken gesucht werden. Dabei könnten der Mückenstamm, die Zuchtmethoden, die Behandlung vor und die Milieubedingungen während des Versuchs von Bedeutung sein. Von den endogenen Faktoren soll hier nicht die Rede sein, weil deren Zustand vermutlich weitgehend von den übrigen, eben aufgezählten Faktoren bestimmt sein dürfte. Auszuschließen sind der Stamm — wir bezogen ihn aus Basel — sowie die Behandlung vor dem Versuch, welche mit derjenigen RAHMs

identisch war. Zu den Zuchtmethoden ist lediglich zu bemerken, daß wir aus Gründen der Einfachheit die Larven ausschließlich mit Bierhefe und nicht, wie in Basel, mit Hundekuchen fütterten. Irgendwelche nachteilige Wirkung konnte nicht festgestellt werden und es dürfte unwahrscheinlich sein, daß die verminderte Stechlust eine Folge davon wäre. So bleiben noch die Milieubedingungen. Die Versuche wurden in Ifakara wie in Basel ausschließlich bei Tageslicht durchgeführt. Die Orientierung des Testkäfigs mit der Rückwand zur Fensterfront war an beiden Orten dieselbe. Der Luftdruck bewegte sich während der Versuche (II—IV 1958) in Ifakara zwischen 734 und 743 mm Hg; in Basel beträgt der mittlere Barometerstand 738 mm Hg. Von den von uns erfaßten Milieufaktoren bleiben danach einzig die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit (RLF) unterschiedlich. Die Temperatur betrug während der Versuche in Ifakara 28,5° C (± 1,5° C), in Basel 25° C (± 1° C), die RLF in Ifakara 78% (± 10%), in Basel nur 60% (± 10%). Ob wirklich darin der Grund für die geringere Stechlust in Ifakara zu finden wäre, sei nicht hier erörtert; wir verweisen auf die Diskussion der Klima- und Wetter-Faktoren. Doch sei festgehalten, daß die «Einstichzahlen» in Ifakara nur etwa halb so hohe Werte erreichten wie in Basel.

IV. Versuche mit Anopheles gambiae.

Diese gelangten nicht über das Stadium der Vorversuche hinaus. Es waren ähnliche Untersuchungen wie mit *Aedes aegypti* geplant; es wurden deshalb auch soweit als möglich dieselben Methoden angewandt. Schwierigkeiten bei der Zucht eines einheimischen Stammes (s. Kap. II) ließen uns schließlich von unserm Vorhaben absehen und bewogen uns, die Hauptversuche mit Aedes durchzuführen. Die Erfahrungen mit *Anopheles gambiae* sollen im folgenden dennoch kurz erwähnt werden, da die Gegenüberstellung einer ausgesprochen nokturn aktiven Mücke mit *Aedes aegypti* als einem diurn stechenden Tier interessiert. Vorausgeschickt sei noch, daß die «Einstichzahlen» niedriger waren als mit *Aedes aegypti;* der IET betrug im Durchschnitt aller unserer Versuche 12,8.

1. Praeferenz für die Hände der Versuchspersonen.

Von 30 Personen (Männer und Knaben), die einmal getestet wurden, zogen nur 6 mit dem Arm mehr Mücken an. Bei 5 mehrmals geprüften Personen (unter ihnen ein Europäer) wurden die Hand bzw. der Arm in folgender Häufigkeit bevorzugt:

	Hand	Arm
P. H.	20mal	0mal
S. B.	8mal	2mal
T. F.	43mal	18mal
R. P.	15mal	12mal
M. K.	4mal	5mal
Total	90mal	37mal.

Bei insgesamt 180 Tests wurden 4900 «Einstiche» auf der Hand und 2365 auf dem Arm der Versuchspersonen registriert; die Hand zieht demnach doppelt so stark an als der Arm. Wie *Aedes aegypti* scheint also auch *Anopheles gambiae* die Hand dem Arm wesentlich vorzuziehen.

2. Der Versuchsverlauf, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Einteilungsmöglichkeiten.

In Figur 6 ist der Versuchsverlauf kurvenmäßig aufgetragen, wie er sich aus 21 Versuchen an je einem Mann und einem Knaben ergibt («Mittelwertskurve»). Schon bei der zweiten, spätestens bei der 4. Zählung ist die Mehrzahl der aktivierbaren Mücken stimuliert. Von da an bleibt die Anzahl der «Einstiche» relativ konstant oder sie sinkt allmählich ab. Demnach nehmen die Versuche mit *Anopheles gambiae* einen etwas andern Verlauf als diejenigen mit *Aedes aegypti:* die höchsten «Einstichzahlen» werden im allgemeinen bereits in der ersten Hälfte des Versuchs erreicht. Dies läßt sich auch mit der zeitlichen Verteilung der Maxima in unsern 124 Versuchen belegen (Fig. 7).

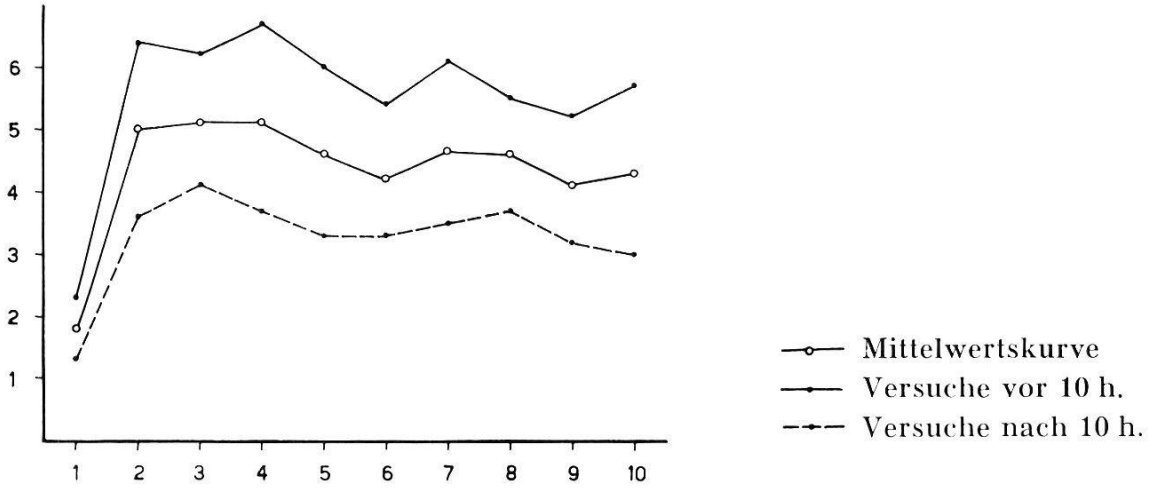


Fig. 6. Der Versuchsverlauf mit *Anopheles gambiae.*
Abszisse: Zählung. — Ordinate: IET.

Die zwei andern Kurven der Figur 6 fassen die Versuche vor und nach 10 Uhr vormittags getrennt zusammen. Sie zeigen, daß die Zahl der «Einstiche» vor 10 h höher ist, daß also *Anopheles gambiae* am frühen Vormittag stechlustiger ist als in der zweiten Morgenhälfte. Ferner scheint der Verlauf dieser beiden Kurven zu zeigen, daß die Reaktionsgeschwindigkeit der «unbedingt aktivierbaren» Weibchen unabhängig von der Tageszeit dieselbe ist. Wäre nämlich die Reaktion am spätern Vormittag verlangsamt, müßte die entsprechende Kurve in den ersten zwei Versuchsminuten flacher ansteigen.

Die Einteilung in «unbedingt aktivierbare» und «nicht aktivierbare» Weibchen gilt zweifellos auch für *Anopheles gambiae;* bei jedem Versuch stellt man fest, daß es Mücken gibt, welche rasch auf eine dargebotene Reizquelle ansprechen, und solche, die überhaupt nicht reagieren. Bei *Aedes* ließ sich die dritte Gruppe der «bedingt aktivierbaren» am einfachsten mit Hilfe des «zweiten

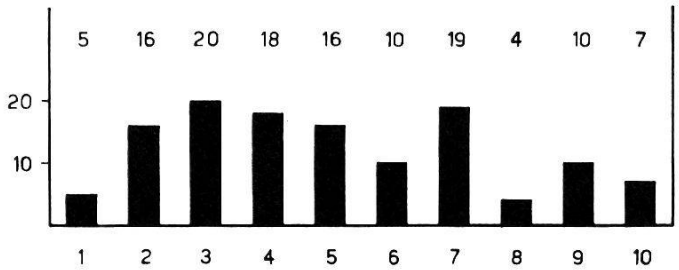


Fig. 7. Die zeitliche Verteilung der größten Anzahl «Einstiche» während der 10 Versuchsminuten mit *Anopheles gambiae.*
Abszisse: Zählung. — Ordinate: Versuche.

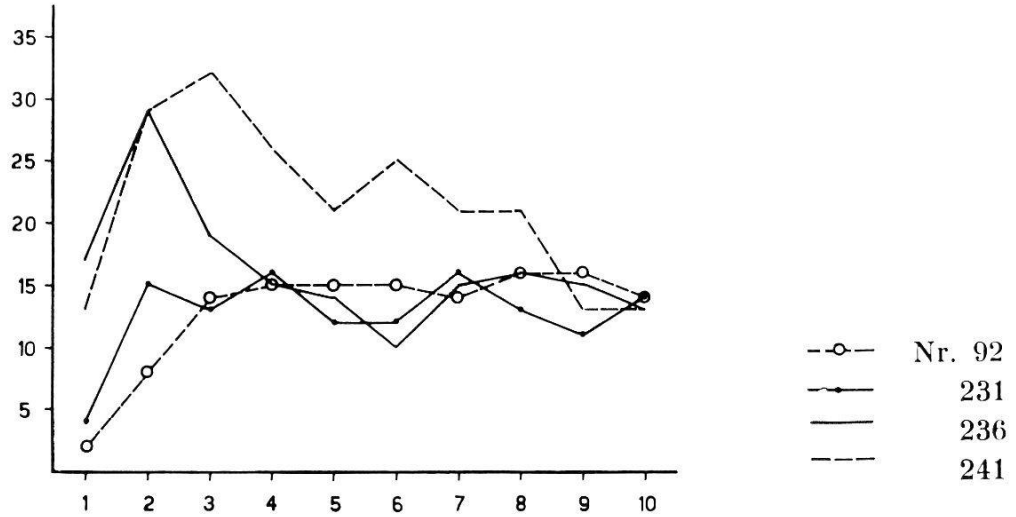


Fig. 8. Der Verlauf von 4 Einzelversuchen mit *Anopheles gambiae*. Abszisse: Zählung. — Ordinate: «Einstiche».

Schubs» nachweisen, mit Hilfe jener Mücken also, welche erst durch das Andauern eines hochwertigen Reizes zu stimulieren sind. Der «zweite Schub» ließ sich dort nur in Versuchen mit hohen «Einstichzahlen» beobachten. Aus Analogie-Gründen stellten wir in Figur 8 den Verlauf der vier Versuche Nr. 92 (EM, Afrikaner), 231 (EM + SK, Afrikaner), 236 (EM, Europäer) und 241 (EM, Europäer) mit *Anopheles gambiae* dar, bei welchen gleichfalls hohe Werte erreicht wurden. Bei keiner dieser vier Kurven ist ein «zweiter Schub» festzustellen. So scheinen bei *Anopheles gambiae* jene Weibchen zu fehlen, welche auf die Dauer des Reizes ansprechen. Doch «saugen» auch bei *Anopheles gambiae* mehr Weibchen an guten als an schlechten Attraktoren; die Qualität des Nahrungsreizes spielt eine Rolle; insofern kann sicher von «bedingt aktivierbaren» Mücken gesprochen werden. Die Einteilung in «unbedingt, bedingt und nicht aktivierbare» Mücken läßt sich also auch für *Anopheles gambiae* vertreten.

3. Die Aktivität von Anopheles gambiae während eines Versuchstages.

Figur 9 zeigt, wie es in der Regel in unsern 124 Versuchen mit der Stechbereitschaft von *Anopheles gambiae* im Verlauf eines Versuchstages bestellt war. In den wenigen Versuchen vor Tagesanbruch (um 6 h) war eine verhältnismäßig gute Beteiligung der Mücken zu verzeichnen. Mit dem Sonnenaufgang ging sie auf die Hälfte zurück (vgl. Kap. VII), blieb bis gegen 11 h etwa gleich, sank aber danach regelmäßig stark ab. Nachmittags waren mit *Anopheles gambiae* keine Stechlustversuche mehr durchführbar. *Anopheles gambiae* ist als nokturn aktive Mücke bekannt; eigentlich sollten Versuche über den Stechakt nachts abgehalten werden. Wenn jedoch mit einer größern Anzahl Personen gearbeitet werden soll, ist dies unmöglich. Unter solchen Umständen erstreckt sich die beste Versuchszeit von ½7 bis gegen ½12 Uhr vormittags.

4. Die Aktivität an verschiedenen Versuchstagen.

Versuche mit der feucht-warmen Flasche wurden keine ausgeführt. Doch weisen die Schwankungen, welche in Tabelle 10 zum Ausdruck kommen, darauf hin, daß für *Anopheles gambiae* ebenfalls gilt, was schon für *Aedes aegypti*

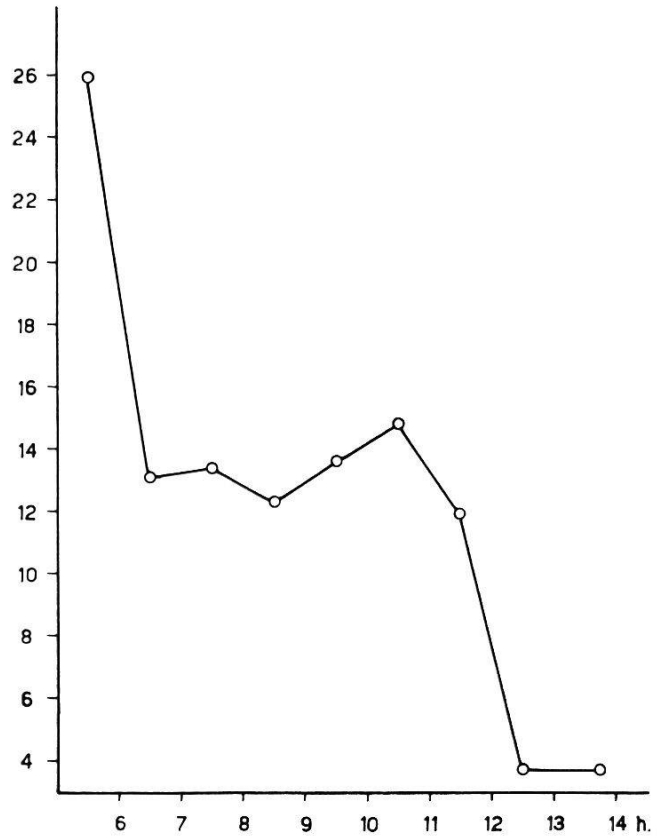


Fig. 9. Die Stechaktivität von *Anopheles gambiae* während eines Versuchstages. Ordinate: IET.

gesagt worden ist. Die hier verglichenen Versuche wurden alle an einem EM und einem SK vorgenommen, wobei der EM immer dieselbe Person war. Um so wahrscheinlicher wird es, daß die sehr unterschiedlichen Resultate unter anderm auch auf eine stark wechselnde Stechlust der Mücken zurückzuführen sind.

5. *Unterschiedliche Attraktion durch verschiedene Personen.*

Am 16., 17. und 20. Mai 1957 wurden 5 Afrikaner und 1 Europäer in 15 Versuchen gegeneinander ausgetestet. Anhand der Resultate ist es ohne weiteres möglich, folgende Einteilung vorzunehmen:

stark attraktiv	T. F.
mittel attraktiv	P. H., R. P.
schwach attraktiv	P. S, M. K., S. B.

Obwohl mit *Aedes aegypti* die genannten Personen nicht in derselben Weise miteinander verglichen wurden, darf gesagt werden, daß die angegebene Reihenfolge für beide Mückenarten Geltung hatte. Wie zu erwarten war, konnten Schwankungen in der Attraktion auch bei ein und derselben Person festgestellt werden.

Soweit es uns möglich ist, *Anopheles gambiae* und *Aedes aegypti* einander entgegenzuhalten, scheint sich das Verhalten gegenüber einem potentiellen Wirt bei beiden Arten sehr zu gleichen. Als Versuchsmücke weist *Anopheles gambiae* den geringen Vorteil einer rascheren Reaktion auf die Nahrungsreizquelle auf; anderseits hat sie den Nachteil, am Tag nur wenig und zeitlich beschränkt aktiv zu sein.

V. Die Bedeutung des Alters und Geschlechts des Menschen für sein Anziehungsvermögen gegenüber Aedes aegypti.

Die Versuche im Zusammenhang mit der Frage nach der Bedeutung des Alters des menschlichen Wirts wurden zeitlich in drei aufeinanderfolgenden Serien durchgeführt, die in der chronologischen Reihenfolge besprochen werden sollen.

Die erste Serie umfaßte Versuche an Afrikanern männlichen Geschlechts, im Alter von 1½ bis 45 Jahren. Die Versuchspersonen wurden jeweils einzeln getestet und die Anziehungskraft eines Armes mit derjenigen der feucht-warmen Flasche verglichen. Dabei wurden folgende Durchschnitts-Resultate erhalten:

Altersgruppe	Durchschnittsalter	IEAH	IEF	IET
EM	31,4 Jahre	14,7	2,2	16,9
MS	15,5 Jahre	10,0	2,9	12,9
SK	9,5 Jahre	10,8	1,7	12,5
KK	4,3 Jahre	9,5	2,6	12,1

(Beim IEAH, IEF und IET handelt es sich hier und im folgenden durchwegs um arithmetische Mittel. Ihre Verwendung scheint in Anbetracht der annähernd symmetrischen Lage innerhalb der Einzelwerte gegeben. Siehe Fig. 10.) Untersuchen wir die Unterschiede der so gewonnenen Resultate auf ihre mathematische Signifikanz, finden wir, daß die Wahrscheinlichkeit P folgendermaßen liegt:

	IEAH		IET	
	Diff.	P	Diff.	P
EM/MS	4,7	$< 0{,}01$	4,0	$< 0{,}03$
EM/SK	3,9	$< 0{,}05$	4,4	$< 0{,}03$
EM/KK	5,2	—	4,8	$< 0{,}02$
MS/SK	0,8	$> 0{,}59$	0,4	—
MS/KK	0,5	—	0,8	$> 0{,}59$
SK/KK	1,3	$> 0{,}38$	0,4	—

Wenn wir der Annahme folgen, daß eine Differenz bei $P < 0{,}05$ als signifikant zu betrachten ist, stellen wir fest, daß Mittelschüler, Schulkinder und Kleinkinder auf *Aedes aegypti* praktisch gleich wirken: es werden gleich viele Weibchen zum «Stechen» angeregt und ihre Verteilung auf dem Arm, bzw. der Flasche, ist dieselbe. Dagegen steigt die Gesamtzahl der «stechenden» Mücken in Gegenwart eines erwachsenen Mannes in signifikanter Weise an; die Zahl der Mücken auf der Flasche bleibt dieselbe, auf dem Arm

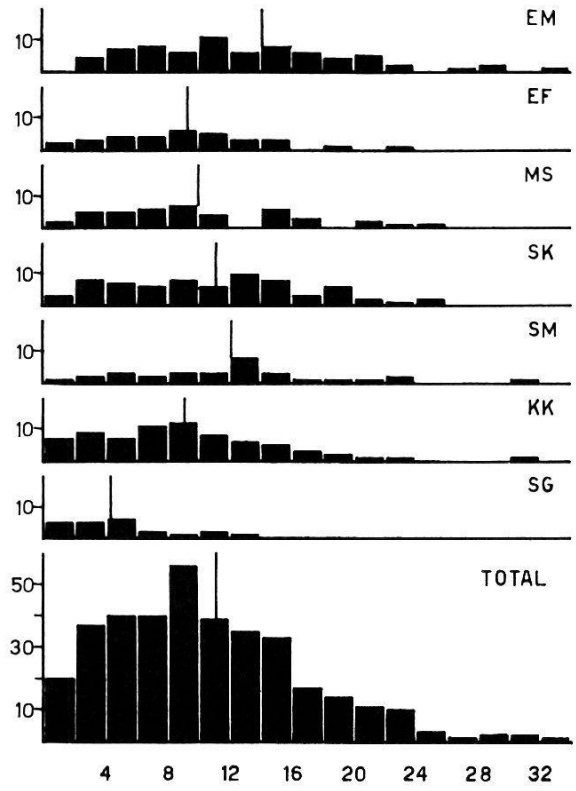


Fig. 10. Die Verteilung der Einzelwerte um den Mittelwert (Versuche II—IV, 1958).

Abszisse: IEAH. — Ordinate: Anzahl Versuche.

Die Säulen fassen die Einzelwerte in Gruppen mit gleichem IEAH zusammen. Der senkrechte Strich gibt die Lage des Mittelwerts an.

liegt sie wesentlich höher als bei den andern Menschengruppen. Da zwischen dem Arm eines Erwachsenen und eines Mittelschülers sozusagen kein Größenunterschied besteht, fallen die Dimensionen der Hautoberfläche als Möglichkeit der Erklärung dahin. Man darf also sagen, daß die Mehrzahl der erwachsenen Männer unter den geschilderten Versuchsbedingungen mehr Mücken aktivieren und mehr solche anziehen als jüngere Menschen gleichen Geschlechts.

Die zweite Versuchsserie galt der Frage, ob der Geschlechtsunterschied des Wirts für die Attraktion der Mücken von Bedeutung sei, und, wenn ja, für welche Altersstufen dies zutreffe. Im Direktversuch wurden 32 Frauen 32 Männern und 32 Schulmädchen 32 Schulknaben gegenübergestellt. Die Ergebnisse lauten wie folgt:

	Durchschnittsalter	IEAH	IET	Diff.	P
EM	33	13,3	22,6	4,0	$<0{,}01$
EF	30	9,3			
SK	10	11,5	23,6	0,6	0,7
SM	10	12,1			

Bei $P < 0{,}01$ ist der Unterschied von 13,3 bei den Männern zu 9,3 bei den Frauen als gesichert zu betrachten. Der Unterschied von 0,6 zwischen Schulknaben und -mädchen ist wohl zufälliger Natur. Männer ziehen also mehr Mücken an als Frauen, Knaben jedoch nicht mehr als Mädchen. Dies Ergebnis springt um so mehr in die Augen, als die Gesamtzahl der «stechenden» Mücken in beiden Versuchen annähernd dieselbe ist, so daß der Unterschied in der Verteilung der Mücken um so bedeutsamer hervortritt.

Der Unterschied zwischen Männern und Frauen entspricht weitgehend demjenigen zwischen Männern einerseits und Mittelschülern, Schulkindern und Kleinkindern anderseits. Dies spricht einmal für die Gleichwertigkeit und Vergleichbarkeit der zwei angewandten Methoden — feucht-warme Flasche und Direktversuch. Außerdem ordnet es die Frauen hinsichtlich ihres Anziehungsvermögens für Mückenweibchen unter die bisher untersuchten Gruppen der Mittelschüler, Schul- und Kleinkinder ein. Der Umstand, daß sie im zuletzt beschriebenen Versuch mit 9,3 scheinbar weniger Mücken anlocken als Knaben (11,5) oder Mädchen (12,1), läßt sich aus der direkten Gegenüberstellung mit den stärker attrahierenden Männern, bei gleicher Gesamtbeteiligung der Mücken, ohne weiteres erklären. Ein mathematisch-statistischer Vergleich der EF etwa mit den SM wäre eben dieser ungleichen Versuchsanordnung wegen irrelevant und soll deshalb unterbleiben.

Bei Erwachsenen spielt also das Geschlecht in der Attraktion der Mücken eine gewisse Rolle. Bei Kindern um 10 Jahre ist es noch bedeutungslos. Dasselbe kann für die Kleinkinder ausgesagt werden; denn unter den 42 KK, welche zur ersten Versuchsserie dienten, befanden sich 6 willkürlich eingestreute Mädchen. Die an ihnen gewonnenen Resultate reihen sich ohne weiteres in diejenigen der Knaben ein. Wird der Durchschnittswert dieser 6 Mädchen (9,6) mit demjenigen der 9 Knaben (8,8) verglichen, welche an denselben Versuchstagen getestet wurden, so ist die Differenz von 0,8 bei $P > 0{,}66$ zufälliger Art. — Mit Mädchen im Alter von 12 bis 18 Jahren wurden keine Versuche angestellt. Wir möchten jedoch annehmen, daß sie sich nicht anders verhalten als erwachsene Frauen und Schulmädchen.

Aus epidemiologischen Gründen schienen uns die Verhältnisse bei den Säuglingen besonders wichtig. So sollten solche im Direktversuch Kleinkindern gegenübergestellt werden. Es ist jedoch kaum möglich, den Arm eines Säuglings ohne Verfälschung der Versuchsbedingungen während 10 Minuten im Versuchskäfig ruhig zu halten. Wohl aber kann ein Säugling vor den Käfig gesetzt und eines seiner Beinchen hineingesteckt werden. Größen-

mäßig entspricht das Bein eines Säuglings ungefähr dem Arm eines Kleinkindes.

Folgender Zwischenversuch sollte zunächst abklären, ob der Vergleich eines Beines mit einem Arm zulässig sei. 15 Klein- und 5 Schulkinder hielten jeweils einen Arm und ein Bein unmittelbar nacheinander während zweimal 5 Minuten in den Testkäfig. Dabei wurde bei jedem Versuch die Reihenfolge Arm/Bein, Bein/Arm gewechselt. Die Totalzahl der gezählten Mücken betrug:

	auf dem Arm	auf dem Bein
nach 10 Versuchen	648	624,
nach 16 Versuchen	934	941,
nach 20 Versuchen	1135	1114.

Danach üben bei Kindern Bein und Arm dieselbe Wirkung aus; ein derartiger Vergleich ist also statthaft.

Bei der Gegenüberstellung von 32 Säuglingen mit 21 Klein- und 8 Schulkindern ergaben sich folgende Zahlen:

	Durchschnittsalter	IEAH bzw. IE_{Bein}	Diff.	P
SG	8 Monate	6,7	1,3	0,35
KK	6 Jahre	8,0		

In ihrer Gesamtheit unterscheiden sich demnach die 32 getesteten Säuglinge kaum von den Kleinkindern und damit auch nicht wesentlich von den übrigen Altersgruppen mit Ausnahme der erwachsenen Männer.

Trägt man jedoch die mit den Säuglingen erhaltenen Einzelwerte in Funktion des Alters graphisch auf (Fig. 11), bemerkt man augenblicklich deren ungleiche Verteilung im Koordinatensystem.

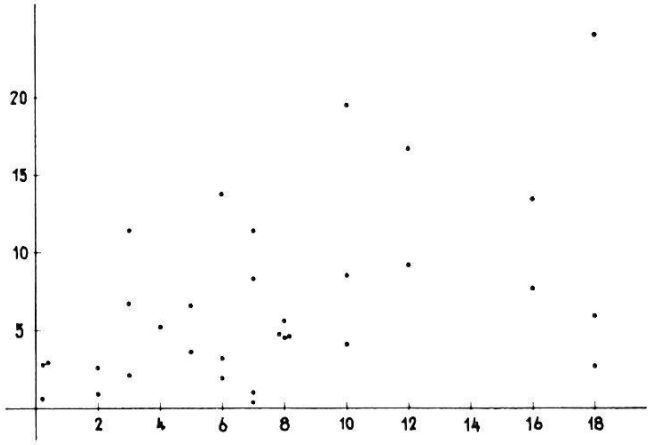


Fig. 11. Die Verteilung der Einzelwerte bei 32 Säuglingen. Abszisse: Monate. — Ordinate: IE_{Bein}.

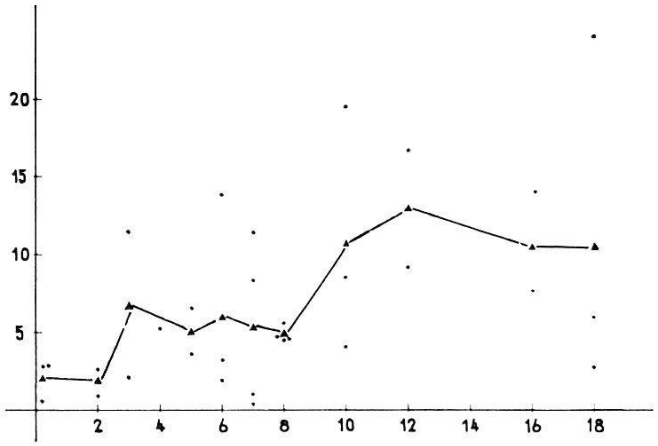


Fig. 12. Die durchschnittliche Attraktion bei 32 Säuglingen in Funktion ihres Alters.

Punkte: Einzelwerte. — Dreiecke: Durchschnitt gleichaltriger Säuglinge. Abszisse: Monate. — Ordinate: IE_{Bein}.

Errechnet man dann die durchschnittliche Attraktion für gleichaltrige Säuglinge und verbindet man die neu gewonnenen Punkte untereinander (Fig. 12), drängt sich die Vermutung auf, die ursprüngliche Gruppe der Säuglinge von 0 bis 18 Monaten sei heterogen und setze sich im Hinblick auf unsere Fragestellung aus Säuglingen unter 9 und solchen über 9 Monaten zusammen; außerdem wären jene unter 9 Monaten wiederum zu unterteilen in solche von 0—2 und 3—8 Monaten. Diese drei Untergruppen würden sich in ihrer Attraktion auf die Mückenweibchen wesentlich voneinander unterscheiden. Faßt man die 5 Säuglinge von 0—2 Monaten, jene 17 von 3—8 Monaten und jene 10 über 9 Monaten getrennt zusammen, lauten die Resultate:

	Alter	IE_{Bein}	Diff.	P
SG	0–2 Monate	2,0	3,0	< 0,04
SG	3–8 Monate	5,0	6,2	< 0,01
SG	10–18 Monate	11,2	3,2	> 0,12
KK + SK	1½–12 Jahre	8,0		

Die Säuglinge von 10 Monaten und mehr scheinen sich nicht von den ältern Gruppen zu unterscheiden. Dagegen zeichnen sich die Säuglinge unter 9 Monaten, und unter ihnen speziell die jüngsten, durch eine wesentlich geringere Attraktionsfähigkeit aus. Ob die Attraktionssteigerung der ersten 10 Monate einen linearen oder kurvenmäßigen Verlauf nimmt, kann auf Grund unserer Versuche und der angewandten mathematischen Methoden nicht entschieden werden. Auch der Zeitpunkt, von welchem an die Attraktivität

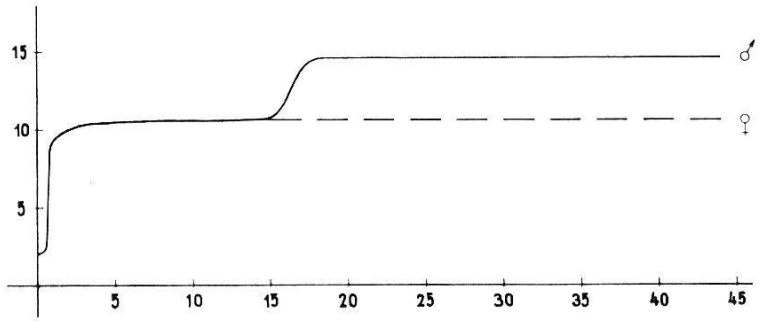


Fig. 13. Die Attraktion gegenüber *Aedes aegypti* bei Afrikanern verschiedenen Alters und Geschlechts.
Abszisse: Lebensjahre. — Ordinate: IEAH.

der Klein- und andern Kinder erreicht ist, kann nicht genau bestimmt werden. Mit Sicherheit können wir jedoch festhalten, daß Neugeborene sehr wenig, Säuglinge bis zu 8 Monaten etwas mehr Mücken anziehen und daß die Attraktion etwa am Ende des ersten Lebensjahres «normal» wird. — Auch bei den Säuglingen läßt sich im übrigen kein Attraktionsunterschied der beiden Geschlechter erkennen.

Fassen wir die besprochenen Versuchsserien zusammen, können

TABELLE 7.

Beispiele für große Attraktionsunterschiede innerhalb derselben Alters- und Geschlechtsgruppe.

EM	Datum	Zeit	IEAH
P. D.	7. 2.	10.30	34,0
E. M.		13.25	37,4
S. L.		15.25	33,4
M. K.	11. 2.	10.25	16,6
L. K.		15.35	4,6
A. M.		16.35	28,6
G. M.	15. 2.	10. 25	5,6
B. R.		13.35	22,6
P. O.	1. 3.	13.55	11,7
T. L.		15.45	6,9
C. S.	4. 3.	10.35	12,3
E. L.		11.30	7,4
M. M.		15.40	4,4
C. F.	10. 3.	10.30	7,0
A. M.		11.30	15,0
B. M.		15.40	8,8

wir sagen, daß Säuglinge auf *Aedes aegypti* nur eine geringe Anziehung ausüben. Vom Ende des ersten Lebensjahres an ist das Attraktionsvermögen erreicht, welches von da weg bis zur Pubertät, bei den weiblichen Personen sogar bis gegen die Abänderung bestehen bleibt. Bei den männlichen Personen beobachtet man eine zweite, geringere Steigerung im Pubertätsalter, so daß schließlich erwachsene Männer etwas mehr Mücken anziehen als die Frauen und Kinder. Diese Ergebnisse sind in Fig. 13 veranschaulicht.

Um zum vornherein möglichen Mißverständnissen vorzubeugen, sei an dieser Stelle ausdrücklich betont, daß die gewonnenen Einsichten über die Bedeutung von Alter und Geschlecht nur als allgemeine Regeln aufzufassen sind. Sie haben im Einzelfall keine absolute Geltung, weil, wie die Beispiele aus Tabelle 7 zeigen sollen, die Attraktionsunterschiede von Menschen derselben Alters- und Geschlechtsgruppe weit größer sein können als die durchschnittlichen Gruppenunterschiede. So gibt es Säuglinge, die attraktiver wirken als Männer. Unsere Untersuchungen können also nur bei epidemiologischen Arbeiten größern Maßstabs von Bedeutung sein.

VI. Zur Bedeutung der Rassenzugehörigkeit des Menschen für seine Attraktion gegenüber Aedes aegypti.

In allen Vorversuchs- und Versuchsserien wurden immer wieder vereinzelte Tests an Europäern eingestreut. Sie wurden zeitlich möglichst regellos verteilt. Die Anordnung der Versuche mit *Anopheles gambiae* läßt eine Auswertung im Hinblick auf allfällig verschiedene Attraktion durch Schwarze und Weiße nicht zu. In denjenigen mit *Aedes aegypti* dürfte dies aber möglich sein: 1. durch direkten Vergleich der Einzelresultate an Weißen und Schwarzen, welche derselben Altersgruppe angehören und am selben Tag getestet wurden; 2. durch mathematisch-statistischen Vergleich, wo ein solcher möglich und sinnvoll erscheint.

In Tabelle 8 sind die entsprechenden Vorversuche aus den Monaten November und Dezember 1957 zusammengestellt. Es sind dabei nur jene Versuche aufgeführt, die im Zusammenhang mit der erörterten Frage verwertbar sind. Im Verlauf jener Voruntersuchungen wurde jede Versuchsperson mit einigem zeitlichen Abstand dreimal geprüft. Aus dieser Tabelle geht hervor, daß sich sowohl die Resultate des einen Kleinkindes K. S., seines ältern Bruders H. S. sowie diejenigen der sieben erwachsenen Männer ohne weiteres unter die Ergebnisse an Afrikanern einreihen lassen. Im

TABELLE 8.
Versuche an Europäern (*) im Vergleich zu solchen an Afrikanern (XI—XII 1957).

Datum	Zeit	Person	Alter	Tropenjahre	IEAH
4. 11.	09.00	T. F. *	29	2	3,7
	09.55	R. P.	19		6,4
	13.35	M. K.	19		23,8
	15.00	B. E. *	32	3	9,0
	15.45	S. M.	21		8,8
5. 11.	09.10	J. H.	28		4,6
	10.00	E. K.	31		6,8
	14.05	P. M. *	36	7	6,5
	15.55	A. M.	22		13,6
6. 11.	10.30	D. K.	27		10,1
	14.30	D. V. *	27	¼	8,6
	15.25	S. L.	32		8,1
7. 11.	08.55	M. D.	22		10,6
	10.40	B. E. *	54	25	7,7
	15.40	C. K.	36		6,4
	16.30	P. S. *	30	2	5,3
8. 11.	09.05	J. G.	10		2,7
	10.55	F. P.	10		2,9
	13.35	K. K.	10		4,1
	16.30	K. S. *	3	3	4,3
13. 11.	09.45	M. M.	45		8,3
	16.30	B. F. *	44	12	19,8
12. 11.	10.45	A. O.	30		8,3
	14.30	T. F. *	29	2	29,8
4. 12.	09.35	S. R.	10		6,9
	11.35	H. M.	10		8,9
	13.35	H. S. *	8	4	15,5
	14.30	A. A.	10		13,3
5. 12.	09.20	B. E. *	32	3	11,1
	11.35	P. M. *	36	7	13,2
	13.35	D. V. *	27	¼	10,5
	15.30	M. K.	19		17,2
6. 12.	09.35	K. S. *	3	3	8,5
	10.20	B. L.	10		4,5
	14.30	A. A.	10		10,0
	11.30	B. M.	35		9,4
	13.30	B. F. *	44	12	10,4
	15.30	O. M.	35		16,2
7. 12.	09.25	B. R.	42		7,1
	10.30	O. M.	35		16,2
	13.25	T. F. *	29	2	13,6
14. 12.	10.30	S. M.	21		10,1
	11.30	T. L.	28		11,6
	14.05	B. E. *	32	3	14,1

TABELLE 8 (Fortsetzung).

Datum	Zeit	Person	Alter	Tropenjahre	IEAH
17. 12.	09.50	D. V. *	27	¼	1,5
	10.45	P. M. *	36	7	9,8
	12.50	B. R.	42		17,7
	13.40	C. K.	36		12,1
	15.45	G. K.	39		15,3
18. 12.	10.50	A. O.	30		8,0
	11.40	P. S. *	30	2	15,5
	13.30	A. M.	22		16,9
	15.20	E. K.	31		4,4
19. 12.	09.40	B. F.	44	12	4,7
	11.45	P. M.	54		8,4
20. 12.	11.35	K. S. *	3	3	5,7
	14.00	B. M.	11		15,3
	14.55	H. J.	9		9,9

TABELLE 9.

Versuche an Europäern (*) im Vergleich zu solchen an Afrikanern (II—III 1958).

Datum	Zeit	Person	Alter	Tropenjahre	IEAH
11.2	09.25	K.M.	9		13,0
	10.25	M. K.	33		16,6
	11.25	K. L.	9		7,8
	13.35	T. F. *	29	2	31,4
	14.30	B. M.	11		6,3
	15.35	L. K.	36		4,6
	16.35	A. M.	21		28,6
13. 2.	09.25	H. S. *	8	5	16,5
	10.25	S. L.	40		15,9
	11.30	K. K.	10		14,9
	13.40	S. S.	45		17,8
	14.30	S. R.	8		10,5
	15.35	A. K.	20		10,8
	16.25	S. M.	8		18,0
14. 2.	09.20	G. C.	2		3,1
	10.20	C. T.	15		7,3
	11.15	K. S. *	3	3	5,7
	13.40	R. B.	15		14,4
	14.35	M. F.	3		16,8
	15.35	F. M.	15		8,8
	16.25	S. B.	18		15,9

TABELLE 9 (Fortsetzung).

Datum	Zeit	Person	Alter	Tropenjahre	IEAH
18. 2.	09.25	A. A.	9		2,1
	10.25	T. H.	31		12,0
	11.30	C. P.	9		0,7
	13.35	R. M.	19		14,5
	14.35	K. Z.	9		11,5
	15.35	P. S. *	31	2	14,4
21. 2.	09.20	J. J.	6		6,6
	10.15	G. M.	13		8,4
	11.30	T. S. *	1	1	3,0
	11.45	B. R.	5		9,5
	13.35	K. K.	16		6,3
	14.35	T. P.	5		9,7
	15.35	J. U.	16		8,3
22. 2.	09.15	D. E.	5		4,1
	10.20	B. E. *	32	3	5,6
	11.15	K. A.	6		0,5
	13.45	J. K.	40		11,4
	14.40	A. S.	7		15,0
	15.40	D. E.	28		20,2
27. 2.	09.35	D. V. *	28	¼	9,3
	10.35	N. M.	10		24,7
	11.25	K. S. *	39	5	14,9
	13.35	Z. K.	9		9,8
	14.30	M. S.	9		13,2
	15.35	E. J.	22		3,6
1. 3.	09.35	V. H.	8		4,0
	10.30	P. M. *	36	8	14,5
	11.35	H. A.	9		1,9
	13.55	P. O.	28		11,7
	14.50	L. O.	8		7,6
	15.45	T. L.	28		6,9
6. 3.	09.30	F. C.	8		4,6
	10.35	T. M.	36		8,3
	11.45	A. S.	29		4,6
	13.40	H. S.	9		15,3
	14.40	N. H.	8		7,2
	15.35	B. L. *	36	6	4,4
7. 3.	09.15	C. C.	6		1,3
	10.15	P. M.	17		3,0
	11.30	T. S.	4		1,5
	13.40	C. F.	18		7,9
	14.40	T. O.	28		21,5
	15.35	B. F. *	44	12	11,8

TABELLE 10.
Schwankungen der Stechbereitschaft von Anopheles gambiae an verschiedenen Versuchstagen.

	IET			
	25. 6.	26. 6.	27. 6.	28. 6.
08.30	1,6	5,5	0,5	16,5
09.30	3,0	8,7	2,0	6,0
10.30	0,9	17,1	0,3	15,5
11.30	2,2	21,0	7,1	6,1
Durchschnitt	1,9	13,1	2,5	11,0

Durchschnitt wurde in 19 Versuchen von den erwachsenen Afrikanern ein IEAH von 10,7, von den erwachsenen Europäern von 10,2 erreicht.

Tabelle 9 enthält die im vorliegenden Zusammenhang interessierenden Versuche aus den Serien vom Februar und März 1958. In diesem Fall wurde jeder Mensch nur einmal getestet. Auch hier ordnen sich die Resultate der Europäer verhältnismäßig gut in diejenigen der Afrikaner ein. Im Durchschnitt betrug das Ergebnis für 8 weiße Erwachsene 13,3, für 13 einheimische Männer 12,5. Der Unterschied von 0,8 ist bei P = 50% vermutlich zufälliger Natur.

In allen Fällen kommen wir trotz der geringen Zahl von Personen zur bestimmten Vermutung, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen *Aedes aegypti* keine der beiden untersuchten Menschen-Rassen der andern bevorzugt. Dies gilt namentlich für die erwachsenen Männer, was angesichts ihrer größten Anziehungsfähigkeit besonders wichtig ist.

Die hier berücksichtigten Versuche erlauben auch, einen Hinweis auf die Frage zu geben, ob sich beim Europäer infolge eines längern Tropenaufenthaltes das Attraktionsvermögen ändert. In den Vorversuchen wurden sieben Experimente mit Erwachsenen ausgeführt, die noch keine 3 Jahre in den Tropen gelebt hatten, und zwölf mit Leuten, die mehr als drei Jahre dort gewesen waren. Der erhaltene Durchschnitt war für die ersten 10,3, für die zweiten 11,1. Der Unterschied von 0,8 dürfte völlig bedeutungslos sein. Aus den Hauptversuchen können zweimal vier Adulte in folgender Weise einander gegenübergestellt werden:

Name	Tropenjahre	IEAH	IEAH	Tropenjahre	Name
T. F.	2	31,4	14,9	5	K. S.
P. S.	2½	14,4	14,5	8	P. M.
B. E.	3	5,6	4,4	6	B. L.
D. V.	¼	9,3	11,8	12	B. F.

Mit Ausnahme des IEAH 31,4 von T. F., der, wie wir aus zahlreichen Vorversuchen wissen, ein überdurchschnittlich wirkender Attraktor ist, gibt es zu allen Resultaten der einen Seite ein entsprechendes auf der andern. Somit glauben wir sagen zu dürfen, daß ein langjähriger Tropenaufenthalt in der Regel das Attraktionsvermögen des Menschen nicht wesentlich beeinflußt.

VII. Zur Frage des Einflusses von Klima und Wetter auf die Stechbereitschaft von Aedes aegypti und Anopheles gambiae.

Es wurde bereits in Kapitel III, in den Abschnitten 5 und 6, darauf hingewiesen, daß die Stechlust von *Aedes aegypti* in Ifakara im Verlaufe eines Tages regelmäßigen Änderungen, über mehrere Tage außerdem starken Schwankungen unterworfen ist. Ähnliches gilt, wie wir sahen (Kap. IV, Abschn. 4 und 3), ebenfalls für *Anopheles gambiae*. Es stellt sich die Frage, ob die tägliche Zu- bzw. Abnahme der Stechbereitschaft oder die unregelmäßigeren Schwankungen an verschiedenen Tagen in einfacher Weise mit Klima- und Wetter-Faktoren in Verbindung gebracht werden können.

Zwar finden in neuerer Zeit diese Zusammenhänge in der Literatur einige Beachtung; doch, obwohl sich aus der früher mehr statistisch orientierten Klimatologie und Meteorologie die Bioklimatologie (MOERIKOFER, 26) und Meteorobiologie (DE RUDDER, 7), vorwiegend den Bedürfnissen der Medizin entsprechend, als neue Forschungsrichtungen naturwissenschaftlicher Art entwickelt haben, fehlt es noch weitgehend an genauern Beobachtungen über den Einfluß des Wetters auf die Insekten. Angesichts unseres vertieften Wissens um die Biologie krankheitsübertragender Arthropoden scheint es der Mühe wert, das Augenmerk in vermehrtem Maße auch auf die Meteorobiologie dieser Lebewesen zu richten. Es sei uns deshalb gestattet, im folgenden die Beobachtungen, welche anläßlich der Untersuchungen über die Bedeutung des Alters und Geschlechts des Menschen angestellt werden konnten, anzuführen und kritisch zu sichten.

Gemessen wurden bei jedem Versuch (in unmittelbarer Nähe des Versuchskäfigs): die Temperatur, die RLF und der Luftdruck in mm Hg. Notiert wurden außerdem die Lichtverhältnisse und das Wetter (Sonne, Bewölkung, Regen, subjektives Schwüleempfinden, Tagesanbruch, Dämmerung). Über die angewandten Meßmethoden wie überhaupt über die in Ifakara allgemein geltenden klimatischen Verhältnisse orientiert eine gesonderte Veröffentlichung (FREYVOGEL, 10).

Da die Mehrzahl der Versuche mit verschieden wirkenden At-

traktoren angestellt wurden, ist bei der vorliegenden Fragestellung ein direkter Vergleich der Einzelversuche unzulässig. Vielmehr muß auch hier auf Durchschnittswerte abgestellt werden. Wir weichen damit von der berechtigten Forderung DE RUDDERS (7) nach Beurteilung meteorischer Ereignisse von Tag zu Tag ohne Benützung von Mittelwerten ab. Unser Vorgehen läßt sich damit rechtfertigen, daß sich die gemessenen Wetter-Elemente in den Tropen sehr gleichmäßig verhalten, und ferner damit, daß wir es nicht mit schubweise auftretenden Krankheitsfällen, sondern mit weitgehend gleichartig reagierenden Mücken zu tun hatten. Außerdem halten wir uns auch hier durchwegs an arithmetische Mittelwerte. Ihre Benützung drängt sich infolge ihrer verhältnismäßig symmetrischen Lage innerhalb der Einzelwerte auf. In Figur 14 sind die Resultate der Einzelversuche nach Tagesperioden zusammengefaßt. Einzig die Darstellung a) (8—11 h) erweckt den Eindruck einer gewissen Asymmetrie. Zieht man jedoch zum Vergleich die entsprechenden Vorversuche heran, scheint sich diese Asymmetrie als weitgehend zufallsbedingt zu erweisen. Eine, hier nicht dargestellte, Prüfung der Logarithmen der Einzelwerte ergab ein noch weit ungünstigeres Bild. Aus diesem Grunde und in Anbetracht der viel regelmäßigeren Voraussetzungen im Laboratorium halten wir es für richtig, das arithmetische Mittel anstelle des geometrischen anzuwenden, wie es von HADDOW (14) für die Auswertung von Freiland-Beobachtungen gefordert wird.

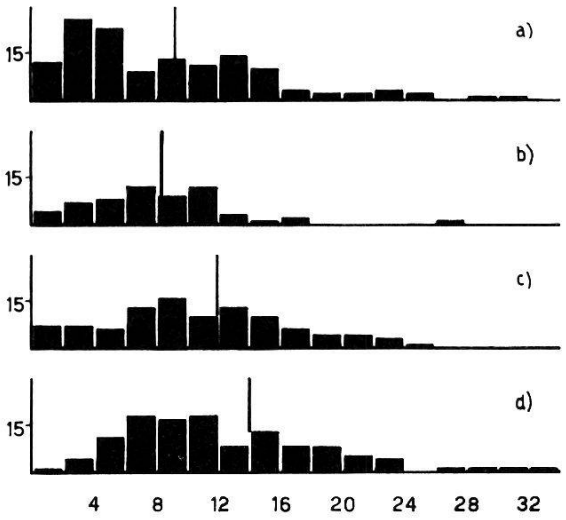


Fig. 14. Die Verteilung der Einzelwerte um den Mittelwert.

a) 08.00—11.00 h. II—IV 1958.
b) 08.00—11.00 h. X—XI 1957.
c) 11.00—14.00 h. II—IV 1958.
d) 14.00—17.00 h. II—IV 1958.

Abszisse: IEAH. — Ordinate: Anzahl Versuche.
Die Säulen fassen die Einzelwerte in Gruppen mit gleichem IEAH zusammen.
Die Senkrechte gibt die Lage des Mittelwertes an.

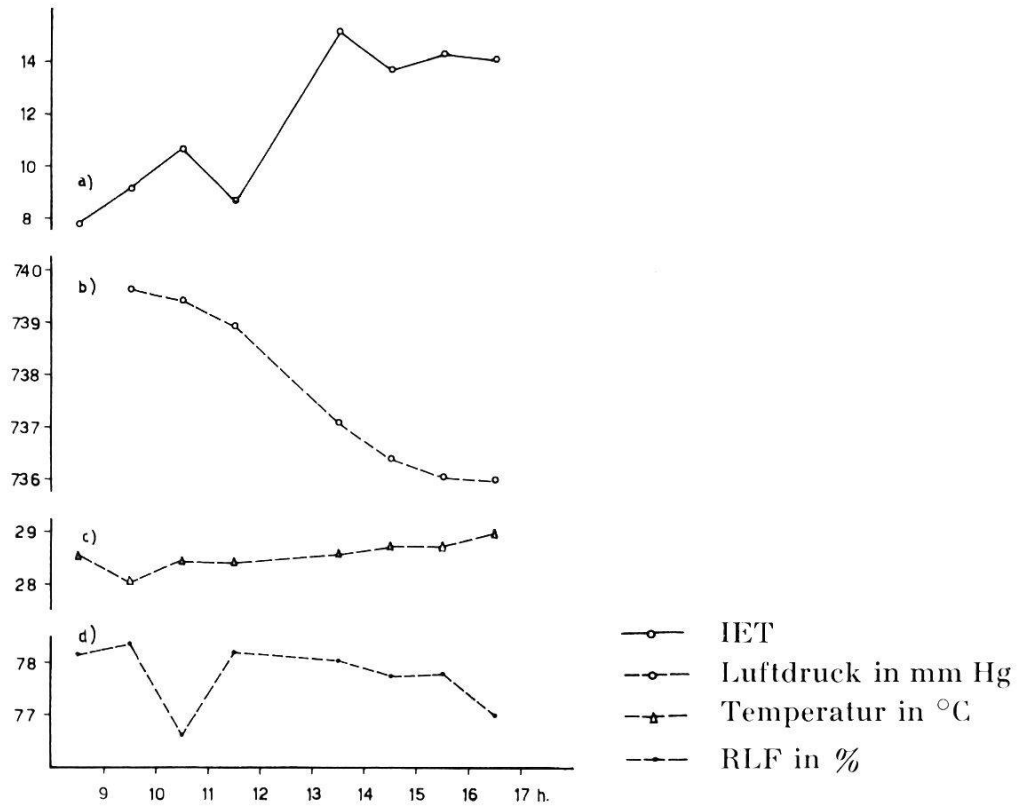


Fig. 15. Aedes aegypti: Stechaktivität, Luftdruck, Temperatur und RLF während eines Tages (II—IV 1958).

Wir vergleichen also in Figur 15 die Kurve der täglichen Stechaktivität (a) von *Aedes aegypti,* wie sie sich aus den Versuchen der Monate II—IV 1958 ergab, mit den entsprechenden Kurven der durchschnittlichen *Temperatur, RLF und des Luftdrucks.* Die durchschnittliche Temperatur (c) hält sich in sehr engen Grenzen: Infolge des Lüftens des Versuchsraumes fällt sie um ½10 h morgens um ½°; von da weg steigt sie gegen Abend regelmäßig schwach an. Der Temperaturkurve entspricht diejenige der RLF (d), mit Einschränkung einer ausgeprägten Zacke zwischen 10 und 11 h vormittags, für die kein Grund gefunden werden konnte. Wir halten die Schwankungen der Temperatur und der RLF in unsern Versuchen für zu gering, als daß sie für die Stechlust-Steigerung an einem Tag eine Erklärung abgeben könnten. Umgekehrt sei festgehalten, daß sich die Stechaktivität trotz konstanter Temperatur und RLF ändert.

Was den Luftdruck in den Monaten Februar bis April anbetrifft (b), stellen wir fest, daß er vom ersten zum letzten Versuch in der Form einer Sinuskurve abnimmt. Eine Korrelation zwischen Stechlust und Luftdruck scheint in dem Sinne also denkbar, daß einem Absinken des Luftdrucks eine Steigerung der Stechaktivität entspräche. Allerdings wäre damit das vorübergehende «Erlahmen» der Mücken um die Mittagszeit nicht begründet.

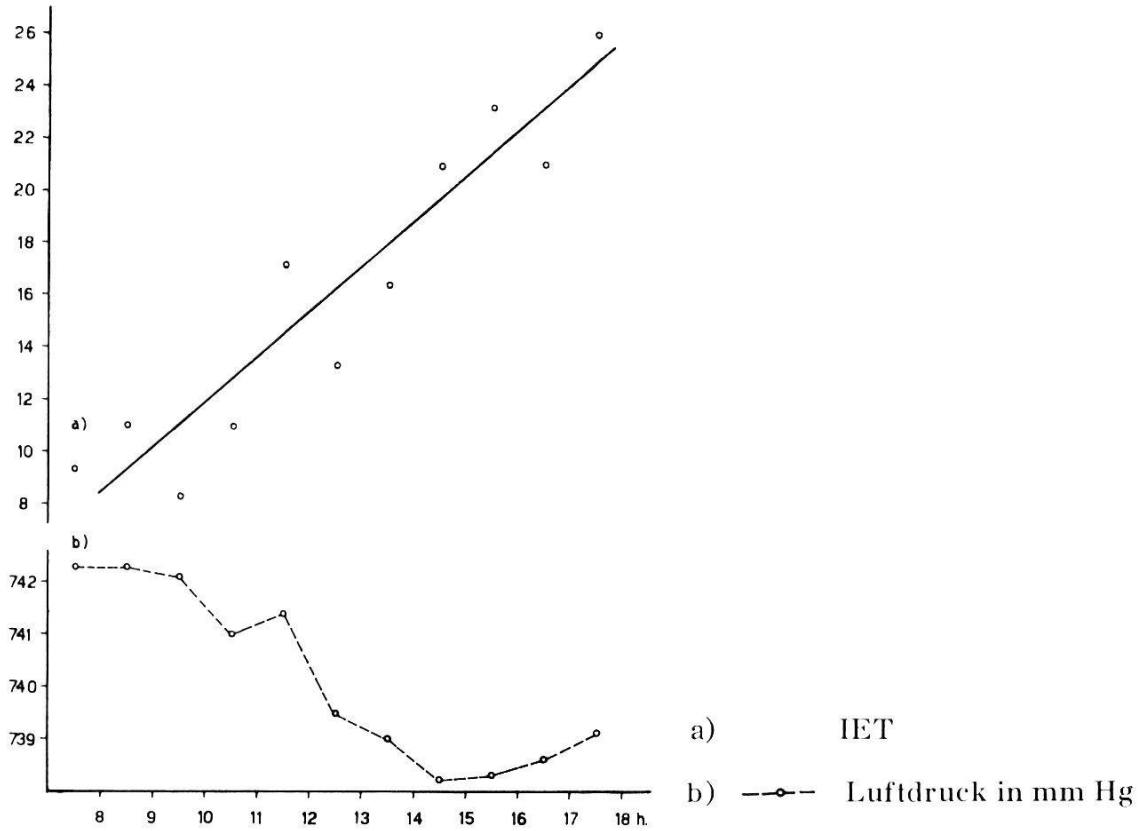


Fig. 16. Aedes aegypti: Stechaktivität und Luftdruck während eines Tages (X—XI 1957).

Nun fallen aber in den besprochenen Versuchen II—IV 1958 nicht nur die Steigerung der Stechaktivität und die Abnahme des Luftdrucks, sondern auch noch das Andauern des Tages zusammen. Es könnte sein, daß die Aedesweibchen desto aktiver werden, je länger der Tag andauert. Wir müssen deshalb danach trachten, den Verlauf der Luftdruck-Änderung und denjenigen des Tages voneinander zu trennen. Wir greifen dafür auf Vorversuche aus den Monaten Oktober und November 1957 zurück, einer Jahreszeit, in welcher der Luftdruck seinen tiefsten Wert bereits vor 15 h zu erreichen pflegt. Tagesverlauf und Luftdruckverlauf sind hier also gegeneinander verschoben, was uns festzustellen erlaubt, ob die Stechaktivität eher mit dem einen oder mit dem andern zusammenhängt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 und Figur 16 zusammengestellt. Es sei noch hervorgehoben, daß die 72 Versuche dieser Reihe ausschließlich am Autor vorgenommen wurden; bei ihrer Bewertung kann infolgedessen von individuellen Attraktionsunterschieden abgesehen werden, wenngleich die persönlichen Attraktionsschwankungen bestehen bleiben. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Stechlust-Versuche nach abnehmendem Luftdruck geordnet. Sie legt wiederum den Gedanken nahe, daß — zumindest im Bereich von 737 bis 743 mm Hg — mit einer Abnahme des Luft-

TABELLE 11.
Die Stechlust von Aedes aegypti bei verschiedenem Luftdruck (Vorversuche X—XI 1957).

Luftdruck mmHg	IET (Mittelwert)	Anzahl Einzelwerte
743	8,4	7
742	11,4	11
741	13,9	11
740	15,7	12
739	20,8	13
738	22,4	11
737	30,9	4
736	15,6	3

drucks eine Zunahme der Stechaktivität einhergehe. Dazu steht jedoch die graphische Darstellung in Figur 16 in einem gewissen Gegensatz; im großen und ganzen nimmt die Stechaktivität bis um 18 h zu, während der Luftdruck schon seit 15 h wieder im Anstieg begriffen ist. Damit wird es sehr fraglich, ob zwischen Stechlust und Luftdruck ein direkter, kausaler Zusammenhang bestehe.

Obgleich durchaus nicht gesagt ist, daß verschiedene Mückenarten auf klimatische Faktoren in derselben Weise reagieren müssen, seien die Versuche mit *Anopheles gambiae* ebenfalls in dieser Richtung geprüft. In Figur 17 sind wiederum Barometerstand und Stechaktivität in Funktion der Tageszeit aufgetragen. a) und b) beziehen sich auf 49 Versuche am Autor und am Labor-Personal (IV—V 1957), c) und d) auf die 62 restlichen Versuche mit *Anopheles gambiae* an vielerlei verschiedenen Personen (vgl. Tab. 1). Beim Gegenüberhalten der Kurven a) und b) fällt zunächst die starke Abnahme der Stechlust um die Zeit des Tagesanbruchs (um 6 h) auf, während sich der Luftdruck konstant hält. Im übrigen weisen die Kurven eher darauf hin, daß mit einer Zunahme des Luftdrucks auch eine Zunahme der Stechlust zusammenfalle, während umgekehrt bei sinkendem Druck die Stechlust ebenfalls abnehme. Kurven c) und d) scheinen diesen Eindruck mehr oder weniger zu bestätigen. Zweierlei spricht aber nach unserm Dafürhalten gegen das Bestehen einer einfachen Beziehung von Stechlust und Luftdruck: 1. Es wäre die Korrelation Luftdruck/Stechlust derjenigen gerade entgegengesetzt, die allenfalls bei *Aedes aegypti* bestünde. Trotz der einleitenden Bemerkung, wonach verschiedene Mückenarten ungleich reagieren könnten, hätte dieser Gegensatz zu Aedes in Anbetracht der vielen Ähnlichkeiten, die sonst bei beiden Arten bestehen (vgl. Kap. IV), ein gewisses Gewicht. 2. Der Verlauf der Luftdruck-Kurve liefert keinerlei Erklärung für die

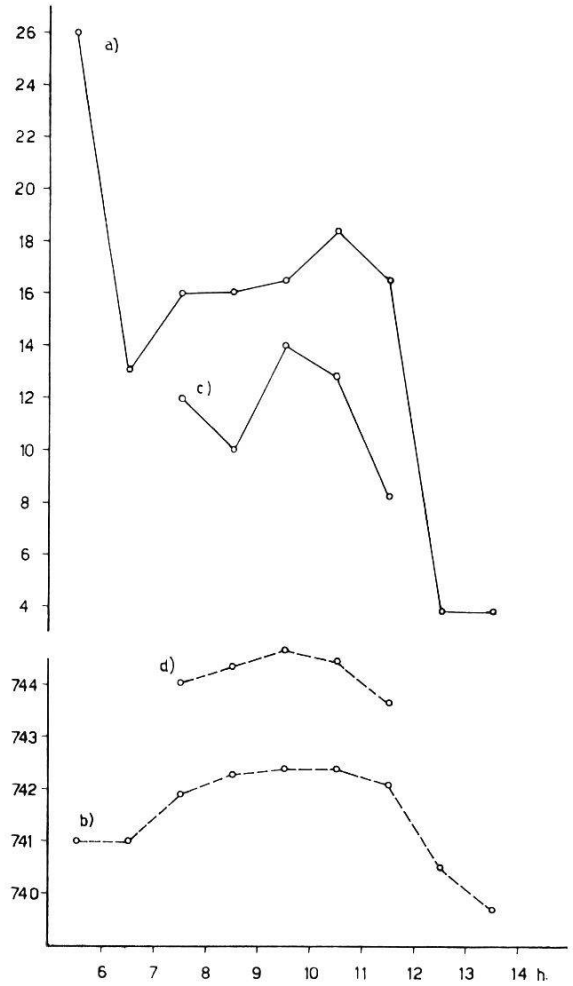


Fig. 17. Anopheles gambiae: Stechaktivität und Luftdruck während eines Tages.

—o— a) 49 Vorversuche, c) 62 Versuche } IET

--o-- b) 49 Vorversuche, d) 62 Versuche } Luftdruck in mm Hg

starke Verminderung der Stechaktivität zwischen 5 und 6 h morgens.

Vielmehr sind für diesen speziellen Punkt der *Sonnenaufgang* und die damit verbundenen Veränderungen der *Lichtverhältnisse* verantwortlich zu machen. Die verblüffende Koinzidenz von Sonnenaufgang und Stechaktivität bei *Anopheles gambiae* sei in Tabelle 12 veranschaulicht, anhand eines Versuchs, nach dessen ersten Hälfte die Sonne erschien. Die Fenster des Versuchsraumes waren genau nach Osten gerichtet, so daß trotz der Lamellenstoren beim raschen Auftauchen des Sonnenballs am Horizont die Lichtintensität im Laboratorium plötzlich stark zunahm. Sofort flog die Mehrzahl der Anopheles-Weibchen erregt auf und nur wenige ließen sich in den folgenden 5 Minuten zum «Stechakt» wieder nieder. Trotz des Umstandes, daß mit *Anopheles gambiae* die höchsten «Einstichzahlen» normalerweise in der ersten Versuchshälfte

TABELLE 12.
Die Wirkung des Sonnenaufgangs auf die Stechlust von A. gambiae (9. 5. 1957).

Zeit	05.45	05.46	05.47	05.48	05.49	05.50	05.51	05.52	05.53	05.54
Anzahl «stechender» Mücken	4	16	18	16	17	9	7	8	8	7

Sonnenaufgang

erreicht werden (vgl. Kap. IV, Abschn. 2), besteht für den Beobachter kein Zweifel darüber, daß das Verhalten dieser Mücke sich mit Tagesanbruch schlagartig ändert.

Von den täglich wiederkehrenden Änderungen der Milieu-Faktoren scheinen also diejenigen der Temperatur, der RLF und des Luftdrucks wenig Einfluß auf den Rhythmus der Stechaktivität auszuüben. Einzig vom Sonnenaufgang kann solches für Anopheles gesagt werden. Es soll im folgenden, soweit es uns möglich ist, noch die Bedeutung der *Witterungsverhältnisse* untersucht werden. Es wurden dazu diejenigen Versuchstage herausgegriffen, im Verlaufe derer es zu Niederschlägen kam. In allen Fällen handelt es sich um Beobachtungen mit *Aedes aegypti,* während der Periode der Hauptversuche mit Afrikanern verschiedenen Alters. Die Daten finden sich in Tabelle 13 aufgezeichnet. Die sechs Regentage lassen sich in drei Tage mit Abendgewitter, einen Tag mit Abendregen und zwei solche mit Morgenregen unterteilen. Allen drei Gewittertagen ist gemeinsam, daß die Stechlust in der Stunde vor Gewitter-Ausbruch einen verhältnismäßig hohen Wert erreichte, während des Gewitters aber zurückging. Die entsprechenden Luftdruck-Schwankungen scheinen auch hier keinen unmittelbaren Einfluß auf die Stechlust auszuüben. Bezeichnenderweise hatte der Regen vom 1. 3. 1958, der nicht gewitterhafter Natur war, auf den normalen Verlauf der Stechlustkurve keinen feststellbaren Einfluß. Dagegen zeigten sich die Mücken an den naßkalten Morgen des 18. 2. und 7. 3. 1958 ausgesprochen passiv. Wir können also bestätigen, was unserer subjektiven Erfahrung entspricht: «ein Gewitter im Anzug regt die Mücken an; der anschließende Regen kühlt die Gemüter; naßkaltes Wetter wirkt aktivitätshemmend». Dabei ist es noch fraglich, ob der anscheinend bestehende Zusammenhang von Witterung und Stechaktivität kausaler Natur ist. Vorsichtshalber wurde deshalb die ebenangeführte landläufige Aussage in Anführungszeichen gesetzt. Regen an sich bleibt ohne Wirkung (wenigstens solange, als unter Dach gearbeitet wird). In Tabelle 13 ist ferner noch der Dampfdruck eingetragen, der im allgemeinen an gewitterhaften Tagen stärkern Schwankungen un-

TABELLE 13.

Die Stechlust von Aedes aegypti an Regentagen.

Datum	Versuch Nr.	Zeit	Wetter	Dampf-druck mmHg	Luftdruck mmHg	IET	Versuchs-Person
7. 2. 58	269	09.30	lB	22,23	740,1	25,4	SK
	270	10.30	lB	22,23	739,8	36,7	EM
	271	11.30	SG	22,53	739,0	15,6	SK
	272	13.25	SG	23,43	737,4	38,5	EM
	273	14.25	SG	23,43	737,0	43,1	SK
	274	15.25	RG	23,43	737,1	37,2	EM
17. 2. 58	314	09.15	lB	23,25	739,5	13,1	KK
	315	10.20	lB	21,26	739,0	18,5	MS
	316	11.35	B	21,45	738,6	8,7	KK
	317	13.35	B	21,45	736,8	11,6	MS
	318	14.45	lB	22,53	735,9	17,8	KK
	319	15.40	BRG	23,13	736,3	12,5	MS
18. 2. 58	320	09.25	R	20,42	741,0	3,3	SK
	321	10.20	B	20,67	740,5	12,4	EM
	322	11.30	lB	21,66	739,7	1,8	SK
	323	13.35	lB	21,66	738,0	15,5	EM
	324	14.35	lB	21,66	737,4	15,4	SK
	325	15.35	B	21,93	737,8	15,9	EW
1. 3. 58	381	09.35	B	21,26	739,2	4,4	SK
	382	10.30	S	21,45	738,7	15,2	W
	383	11.35	S	22,39	738,1	2,9	SK
	384	13.55	S	21,73	736,8	14,0	EM
	385	14.50	BW	22,83	736,2	11,1	SK
	386	15.45	R	21,93	736,0	13,3	EM
7. 3. 58	411	09.15	R	22,46	739,1	2,6	KK
	412	10.15	B	23,25	739,0	3,6	MS
	413	11.30	B	23,25	739,5	2,9	KK
	414	13.40	B	23,25	738,9	12,7	MS
	415	14.40	B	23,25	738,0	24,2	EM
	416	15.35	B	23,25	737,4	14,6	W
10. 3. 58	423	09.30	S	22,68	739,4	13,5	SK
	424	10.30	S	22,68	739,6	7,6	EM
	425	11.30	S	22,39	739,0	16,0	EM
	426	13.40	S	22,39	738,0	14,3	SK
	427	14.30	BG	22,39	737,5	18,4	SK
	428	15.40	RG	22,39	737,1	11,3	EM

Wetter S sonnig
B bewölkt
R Regen
G gewitterhaft (schwül)
l leicht

Versuchsperson KK Kleinkind
SK Schulkind
MS Mittelschüler
EM erwachsener Mann
W Weißer

terworfen ist. Er wurde aus der jeweils herrschenden RLF und Temperatur errechnet. So wenig wie bei diesen läßt sich auch für den Dampfdruck keine unmittelbare Beziehung zur Stechlust der Mücken finden.

Wollen wir das zusammenfassen, was in diesem Kapitel gesagt wurde, kommen wir zum Schluß, daß von den hier berücksichtigten Faktoren, solange sie sich innerhalb gewisser Grenzen halten, für den täglichen Stechaktivitäts-Rhythmus höchstens die Lichtverhältnisse von Bedeutung sind. Für die zuweilen starken Schwankungen von Tag zu Tag könnte die Witterung mitverantwortlich sein. Allerdings dürften auch dann dem Luftdruck, der Temperatur und der RLF nur eine untergeordnete Rolle zufallen.

VIII. Diskussion und Folgerungen.

Bevor wir die eigenen Resultate im Vergleich zu denjenigen anderer Autoren besprechen, muß festgehalten werden, daß wir von der Voraussetzung ausgehen, es seien vor allem Duftstoffe, welche *Aedes aegypti* und vielen andern Stechmücken das Finden des Wirts ermöglichen. Es will uns scheinen, als ob es RAHM — zum mindesten unter experimentellen Bedingungen — gelungen sei, dies in überzeugender Weise darzulegen. Diese Vorbemerkung ist angesichts des neulich erschienenen großen Werkes von Sir CHRISTOPHERS (6) notwendig, wo er darlegt, daß er in erster Linie optische Reize, an zweiter Stelle warme Konvektionsströme für weit wichtiger hält als Duftstoffe. Obwohl beiden Faktoren zweifellos nicht jede Bedeutung abzusprechen ist, kann im Wahlversuch weder mit dem einen noch mit dem andern die Praeferenz der Mücken für einen bestimmten Wirt oder eine besondere Körperstelle erklärt werden.

A. Mensch als Wirt.

Wir stellten mit *Aedes aegypti* an Afrikanern fest, daß Männer attraktiver wirken als Frauen und daß die Attraktion erst vom Ende des ersten Lebensjahres an richtig wirksam wird. Dieser zweite Punkt beruht jedenfalls auf besondern physiologischen Umständen und ist deshalb bemerkenswert, weil er wohl als ein weiterer, biologisch begründeter Anhaltspunkt für die spezielle Bedeutung gelten darf, welche, wie PORTMANN (31) schon in andern Zusammenhängen hervorgehoben hat, dem ersten Lebensjahr beim Menschen zukommt. Beide Befunde stimmen im übrigen mit jenen von RAHM (35) und von MUIRHEAD-THOMSON (29) bestens überein. RAHM konnte an Europäern zeigen, daß die stärkere Attraktivität der männlichen Personen auf deren Duftstoffe zurückzuführen ist.

Dasselbe dürfte bei Afrikanern gelten. MUIRHEAD-THOMSON beobachtete, daß *Anopheles albimanus* auf Jamaica und *Anopheles aquasalis* und *Anopheles bellator* auf Trinidad Säuglinge viel seltener stechen als Kinder und Erwachsene. Er bespricht in derselben Arbeit die Konsequenzen dieses Umstandes für die Epidemiologie ausführlich. Wir wollen das hier nicht wiederholen, jedoch hervorheben, daß Analoges in der Epidemiologie von Krankheiten (Gelbfieber, Dengue, Filariosen) gelten wird, die *Aedes aegypti* überträgt. Die Annahme, daß der Zusammenhang von Attraktivität, Alter und Geschlecht des Menschen allgemein für die Stechmücken bedeutsam ist, gewinnt durch diese übereinstimmenden Ergebnisse mit verschiedenen Mückenarten, an verschiedenen Menschen-Rassen und an verschiedenen Orten der Erde erheblich an Wahrscheinlichkeit. Gleichzeitig wäre damit gesagt, daß zumindest die anthropophilen Mücken auf ein und dieselbe Kategorie von Wirtsreizen ansprechen.

In neuerer Zeit haben sich vor allem SCHAERFFENBERG und KUPKA (39, 40), RAHM (33, 34) und LAARMAN (17) mit der Natur und Herkunft der spezifischen menschlichen Reizfaktoren auseinandergesetzt. RAHM spricht von «von der menschlichen Haut abgegebenen Duftstoffen» (33). Er läßt dabei die Frage ihres Ursprungs offen. In einer andern Arbeit (34) zeigt er, daß dem Schweiß keine überragende Bedeutung zukommen kann. LAARMAN zieht die Herkunft von Duftstoffen aus dem Blut in Betracht; er denkt an ihre Ausscheidung mit der aus der Lunge ausgeatmeten Luft. Obwohl diese Möglichkeit unter natürlichen Verhältnissen nicht auszuschließen ist, kommt ihr in unsern Versuchen — der Käfig war vorn mit einer Glasscheibe abgeschlossen — keine Bedeutung zu. SCHAERFFENBERG und KUPKA (39) kommen überlegungsmäßig zum Schluß, daß das Blut «eine stark riechende Komponente» enthalten müsse, die durch die Haut nach außen diffundieren würde. Ihre Experimente erwiesen tatsächlich das Vorhandensein attraktiver Substanzen im Blut gewisser Tiere. Spätere Untersuchungen (40) führten sie zur Ansicht, daß es sich dabei keinesfalls um eine einheitliche Substanz handeln könne, sondern daß die attraktive Wirkung des Blutes dem Zusammenspiel einer größern Zahl von Substanzen zuzuschreiben sei. Darunter finden sich Milchsäure und Bestandteile des «Reststickstoffs» (Amine und Aminosäuren).

Das Wissen um die geringe Attraktion bei Säuglingen vermag vielleicht einen neuen Gesichtspunkt in die Diskussion um Natur und Ursprung der Duftstoffe zu bringen. Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten denkbar: entweder fehlen den Duftstoffen des Säuglings eine oder mehrere Komponenten ganz oder teilweise; oder

die Säuglinge sondern eine zusätzliche Substanz mit Repellent-Wirkung aus. Dasselbe könnte allgemein für die Unterschiede starker und schwacher Attraktoren gelten, nämlich bei ausgeprägter individueller Verschiedenheit, beim Unterschied zwischen Frauen und Männern und vielleicht auch bei jenem zwischen Hand und Arm. Anderseits könnten allen derartigen Unterschieden ebensogut verschiedene Ursachen zugrundeliegen. SCHAERFFENBERG und KUPKA (39) erwägen außerdem die Möglichkeit, daß stark attraktive Personen eine dünnere Haut hätten als schwach attraktive; nach BROCK (3) träfe dies selbst auf die Säuglinge zu. (Die Hautdicke beträgt bei der Geburt 0,15—0,25 mm, beim Erwachsenen am Unterarm 0,1 mm.) Die zwar vorsichtig formulierte aber wertvolle Beobachtung von MUIRHEAD-THOMPSON (29), wonach Mükkenweibchen Säuglinge stechen, dann aber ihren Rüssel zurückziehen und, ohne Blut aufgenommen zu haben, wegfliegen, läßt die Hautdicke als einzige Erklärung als ungenügend erscheinen.

Unsere Aufmerksamkeit wendet sich deshalb kurz der Physiologie der Haut und des Blutes, vor allem während des ersten Lebensjahres zu. Wir greifen aus ROTHMANS «Physiology and Biochemistry of the Skin» (37) einzelne Punkte heraus, die für unsere Fragestellung wichtig sein könnten. Zwar sind allem Anschein nach die Absorptionsvorgänge der Haut von außen nach innen besser bekannt als die Ausscheidung von innen nach außen. Immerhin muß festgehalten werden, daß die Haut auch ohne Vermittlung von Drüsen für Gase durchlässig ist. So diffundiert CO_2 je nach dem Konzentrationsgefälle in beide Richtungen. Verständlicherweise ist die Diffusionsgeschwindigkeit von der Struktur und Dicke der Haut wie auch von ihrer Durchblutung bis zu einem gewissen Grad abhängig. Dazu ist zu bemerken, daß die Hautkapillarenbildung erst gegen Ende des ersten Lebensjahres als vollzogen betrachtet werden kann (3). Jedenfalls muß der Durchtritt von gasförmigen Substanzen aus dem Blut an die Außenwelt als durchaus möglich angesehen werden. — Kohlendioxyd wird von Neugeborenen in sehr geringen, dagegen von Kindern in größern Mengen ausgeschieden als von Erwachsenen. Seine Ausscheidung ist an den Handinnenflächen geringer als an andern Stellen des Körpers. Eine allgemeine Übereinstimmung zwischen CO_2-Abgabe durch die Haut und der Attraktion läßt sich somit nicht finden. — Das pH der Hautoberfläche hält sich bei 95% europäischer Männer zwischen 4,2 und 5,8, bei Säuglingen hingegen um 6,7. Ob diesem Umstand irgendwelche Bedeutung zukommt, wissen wir nicht.

Wenn wir im folgenden noch die Hautdrüsen durchgehen, so deshalb, weil es sein könnte, daß hoch volatile Substanzen durch die Drüsen ausgeschieden werden, ohne daß aber eine nachweis-

bare Quantität im Schweiß oder Sebum gelöst bliebe. Die apokrinen Schweißdrüsen kommen wegen ihrer Verteilung auf dem Körper wohl nicht in Betracht. Ekkrine Drüsen finden sich beim Menschen in wechselnder Anzahl an der ganzen Hautoberfläche. Wichtig erscheint dabei die Tatsache, daß im Schweiß Milchsäure enthalten ist; nach körperlichen Anstrengungen sogar weit mehr als im Blut, und allgemein bei Männern mehr als bei Frauen. SCHAERFFENBERG und KUPKA erwähnen namentlich die Milchsäure als eine Duftstoffkomponente des Blutes. Da die Blutduftstoffe in irgendeiner Weise die Haut passieren müssen und diese ebenfalls Milchsäure produziert, ist es denkbar, daß die Duftstoffkomponenten teils dem Blut, teils der Haut entstammen. Wenn sich der Schweiß in den Untersuchungen der meisten Autoren bisher auch als kaum attraktiv erwies, so kann dies darauf beruhen, daß die Milchsäure als vielleicht einzige darin enthaltene Komponente allein nicht wirksam ist. — Das Sebum der Talgdrüsen, welche mit den Haarbälgen in Verbindung stehen, wird im Säuglingsalter zu gleich großen Mengen ausgeschieden wie von Erwachsenen. Kinder sondern nur etwa einen Drittel davon aus. Somit ist eine Korrelation mit der Attraktion wiederum nicht zu finden. Dagegen könnten die Haarbälge und Kanäle der Glandulae sebaceae als Durchtrittspforten durch die Haut eine gewisse Rolle spielen.

Zum Blut: Nach BROCK (3) und LINNEWEH (20) gehen mit der «Blutmauserung» im ersten Lebensjahr, vornehmlich in den ersten 6 Monaten, eine große Zahl Veränderungen einher, welche den Saugakt der Mücke beeinflussen könnten. Das fetale Haemoglobin wird ersetzt; das Sauerstoff-Bindungsvermögen wird herabgesetzt; die Alkali-Resistenz sinkt ab; der Anteil der Blutproteine, der Serumspiegel der Aminosäuren, die Quantität der Kohlehydrate und ihrer Metaboliten werden verändert; die von der Mutter «ererbte» Immunität geht verloren.

Demnach könnte für den Attraktivitäts-Unterschied von Säuglingen und ältern Personen mancherlei verantwortlich sein: auf seiten der Haut vor allem ihre Dicke, ihre Durchblutung und ihr Oberflächen-pH, auf seiten des Blutes seine chemische Zusammensetzung. Für die Verschiedenheit von Männern und Frauen kommt vielleicht die Milchsäure-Exkretion der Haut in Betracht. Genaueres läßt sich auf Grund unserer heutigen Kenntnisse kaum aussagen. Soviel darf jedoch wohl als feststehend angesehen werden, daß die von und durch die Haut abgegebenen Duftstoffe in ihrer Zusammensetzung, qualitativ oder quantitativ, im ersten Lebensjahr, und beim männlichen Geschlecht ein zweites Mal während der Pubertät, verändert werden.

B. Mücke.

Wir stellten fest, daß die Stechaktivität beider untersuchter Mückenarten innert 24 Stunden regelmäßigen Änderungen unterworfen ist. Trotz dem ebenfalls gleichmäßigen Verlauf der Luftdruck-Schwankungen konnten wir keine überzeugende Korrelation zwischen den beiden Abläufen finden. Wir neigen deshalb eher der Ansicht zu, daß diese in der Regel wiederkehrenden Änderungen bei *Anopheles gambiae* wie auch bei *Aedes aegypti* auf eine endogene Tagesrhythmik zurückzuführen sind. Dabei käme bei Anopheles dem Licht vorwiegend die Rolle eines «Auslösers» zu (BUENNING, 5). BATES (1) kommt zwar auf Grund von Versuchen mit *Aedes aegypti,* die er in Albanien durchführte, zum Schluß, ihre Aktivität werde nicht von endogenen sondern von exogenen Faktoren gesteuert. Damit scheinen die Äußerungen von RAHM (32) und von GEIGY und UTZINGER (12) in einem gewissen Sinn übereinzustimmen, wonach in Basel *Aedes aegypti* den ganzen Tag über gleich gut aktiv sind. Dem sind die Untersuchungen von TEESDALE (43), LUMSDEN (22) und MCCLELLAND (24) an verschiedenen Orten Ostafrikas mit freilebenden *Aedes aegypti* entgegenzuhalten. MCCLELLAND weist bei der Besprechung seiner, TEESDALES und LUMSDENS Arbeiten auf die Notwendigkeit der Unterscheidung der drei Untergruppen von *Aedes aegypti* im Sinne von MATTINGLY (23) hin. Danach fiele die größte Stechaktivität in der Zeit vom Sonnenaufgang zum Sonnenuntergang auf folgende Stunden:

A.a. ssp. formosus (?)	in Mangobaum	15–18 h	(TEESDALE)
A.a. Typus (?)	Hütten-Nähe	9–12/15–18	(TEESDALE)
A.a. ?	in Hütten	9–12	(TEESDALE)
A.a. var. queenslandensis	in und vor Hütten	8–9 /14–15	(LUMSDEN)
A.a. ssp. formosus	Freiland	16–17	(MCCLELLAND)

Unsere eigenen Versuche wurden mit der Typus-Form ausgeführt, deren Stechaktivität nach MCCLELLAND zeitlich zwischen derjenigen der *var. queenslandensis* und der *ssp. formosus* liegen würde. In der Tat erinnern unsere Figuren 15a und 16a insofern an diese beiden Untergruppen, als eine deutliche Aktivitätssteigerung vormittags und nachmittags statthatte *(queenslandensis)* und als die zweite dieser Steigerungen sich bis gegen Sonnenuntergang erstreckte *(formosus).* Mutatis mutandis stimmen also unsere Beobachtungen in bezug auf die zeitliche Verteilung der Stechaktivität mit denjenigen der erwähnten Autoren verhältnismäßig gut überein. Festgehalten seien indessen besonders die regelmäßige Zunahme der Aktivität gegen Abend hin und ihr Unterbruch um die

Mittagszeit. Damit stehen die Ergebnisse über die Stechaktivität von *Aedes aegypti* in Ostafrika im Gegensatz zu jenen aus Europa; dies um so deutlicher, als in Basel und Ifakara derselbe Mückenstamm Verwendung fand. Eine mögliche Erklärung könnte sein, daß *Aedes aegypti* eine endogene Tagesrhythmik durchaus kennt, daß diese jedoch verhältnismäßig leicht überdeckt werden kann. In Anbetracht der Gleichwertigkeit der bekannten Laboratoriums-Bedingungen in Ifakara und Basel scheinen dafür unerfaßte klimatische Faktoren am ehesten in Betracht zu kommen.

Bei Versuchen, in welchen zweifellos manche unbekannte Milieufaktoren eine Rolle spielen, ist es zunächst fraglich, ob Laboratoriums-Ergebnisse auf die Verhältnisse im Freiland übertragen werden dürfen. Die gute Übereinstimmung unserer Aktivitätskurven mit jenen von TEESDALE, LUMSDEN und MCCLELLAND bildet da einen wertvollen Hinweis auf die Brauchbarkeit der von uns angewandten Methoden und den Wert unserer Resultate.

C. Milieu.

Wenn wir bei *Aedes aegypti* als Grundlage des Stechaktivitäts-Rhythmus endogene Faktoren tatsächlich annehmen müssen, so sind zweifellos exogene Faktoren an der Stechlust ebenfalls beteiligt. Wie anders könnte man sich sonst erklären, daß Weibchen vom selben Stamm in Basel und Ifakara im Verhältnis von 40,8 zu 22,6 auf Nahrungsreize ansprechen?

Wie BATES (1) scheint auch uns, daß man in diesem Punkt an klimatische und Wetter-Faktoren zu denken hat, deren bekannteste und am besten meßbare Elemente im folgenden nochmals durchgangen werden sollen. Dabei sei vorweggenommen, daß wir die allfällige Wirkung solcher Faktoren nur innerhalb jener Grenzen suchen, die den Mücken ein normales Leben und eine geregelte Aktivität überhaupt gestatten. Die Folgen außerordentlicher Zustände, wie sie auch in den natürlichen Biotopen selten auftreten, interessieren uns hier nicht.

Temperatur. Zwar können Culex-Arten Temperatur-Unterschiede von 0,05° C unter Umständen wahrnehmen (MUIRHEAD-THOMSON, 27). Dennoch kommt MUIRHEAD-THOMSON (28) anhand zahlreicher eigener Untersuchungen in seiner zusammenfassenden Darstellung über das Verhalten der Malaria-Mücken zum Schluß, daß in tropischen Gegenden die üblichen Temperatur-Schwankungen ohne Einfluß auf den Saugakt seien. Er stellt außerdem fest, daß für *Aedes aegypti* die optimale Saugakt-Temperatur bei 25 bis 35° C liege. Danach wären sowohl RAHMS Versuche in Basel wie die unsern in Ifakara unter günstigsten Temperatur-Bedingungen durchgeführt worden, so daß daraus für die unterschiedliche Stech-

lust nichts geschlossen werden kann. HADDOW (13) weist darauf hin, daß die Aktivitätskurve von *Anopheles gambiae* umgekehrt proportional derjenigen der Temperatur verlaufe. MUIRHEAD-THOMSON (28) entgegnet darauf, daß es sich dabei um eine Korrelation ohne Kausalität handeln könne.

Luftfeuchtigkeit. Was von der Temperatur gesagt wurde, gilt weitgehend auch für die Luftfeuchtigkeit, da diese von der Temperatur in hohem Maße abhängt. LUMSDEN erwähnt schon 1947 (21), dann wieder 1958 (22), daß für *Aedes aegypti* die RLF für den Saugakt von geringer Bedeutung sei. MUIRHEAD-THOMSON (28) unterstützt diese Ansicht. Diverse Autoren äußerten schon die Befürchtung, die RLF gebe ein unzureichendes Bild vom Wassergehalt der Luft; wir haben ihn deshalb in Tabelle 13 als Dampfdruck angegeben. Doch ist auch so keine direkte Korrelation mit der Stechlust zu finden. Wo eine solche zu bestehen scheint, wird es sich wieder um eine einfache Koinzidenz handeln.

Luftdruck. RAHM (32) denkt an Luftdruckschwankungen als Erklärungsmöglichkeit für die von Tag zu Tag variierende Aktivität von *Aedes aegypti.* Weder BATES (1) nach MUIRHEAD-THOMSON (28) treten auf den Luftdruck ein, obgleich WELLINGTON bereits 1946 (44) in einer zusammenfassenden Darstellung folgerte, daß im allgemeinen fallender Druck die Insekten stimuliere, während steigender Druck scheinbar ohne Einfluß bleibe.

HAUFE publizierte 1955 (16) Ergebnisse einer experimentellen Arbeit mit *Aedes aegypti.* Er prüfte die Wirkung verschiedenen atmosphärischen Druckes und von Druckänderungen auf die Flugaktivität unter sehr speziellen Laboratoriums-Bedingungen. Er fand dabei, daß oberhalb 735 mm Hg ein sinkender, unterhalb davon aber ein steigender Druck aktivierend wirke. Als Maß der «Aktivität» diente ihm die Zahl der Abflüge. Leider erwähnt er nicht, zu welchen Tageszeiten er seine Zählungen vornahm und wie die Aktivitätskurve von *Aedes aegypti* unter den üblichen Zuchtbedingungen in Ontario verlief. Damit ist eine Unterscheidung von experimentbedingten und normalaktivitätsbedingten Abflügen nicht möglich. Er unterwarf ferner seine Versuchstiere Luftdruckänderungen, welche in dieser Stärke und Geschwindigkeit in der Natur wohl selten vorkommen. Bei der beobachteten «Steigerung der Aktivität» handelt es sich deshalb vielleicht eher um eine Fluchtreaktion, welche unter entsprechenden Umständen selbst in der Ruheperiode ausgelöst werden könnte. Aus diesen Erwägungen heraus, und, weil außerdem die «Flugaktivität» nicht unbedingt der Stechaktivität gleichzusetzen ist, betrachten wir die Resultate HAUFEs in unserm Zusammenhang als ohne Bedeutung. Einzig das eine soll aus seiner Arbeit herausgegriffen werden: die

Mücken nehmen Druckänderungen einer gewissen Geschwindigkeit und Größenordnung wahr.

HARKER (15) schreibt bei der Steuerung der Tagesrhythmik den Luftdruckänderungen keine große Bedeutung zu. Auf Grund unserer eigenen Feststellungen möchten wir uns dieser Ansicht anschließen und sie in dem Sinne erweitern, als wir glauben, daß auch die unregelmäßigen Stechlust-Schwankungen an verschiedenen Tagen vom Luftdruck unabhängig sind.

Licht. Seine Bedeutung für die Insekten ist von sehr zahlreichen Autoren schon erwähnt worden. Wir beschränken uns hier darauf, HADDOWS (14) Feststellung, wonach für *Aedes africanus* und *Anopheles gambiae* der Sonnenuntergang einen wichtigen Zeitpunkt im Tagesablauf darstelle, insofern zu ergänzen, als bei *Anopheles gambiae* auch dem Sonnenaufgang ähnliche Wichtigkeit zuzukommen scheint. *Aedes aegypti,* meint LUMSDEN (22), sei hingegen dem Licht gegenüber verhältnismäßig indifferent.

Wetter. Wenn wir an dieser Stelle vom «Wetter» sprechen, meinen wir eigentlich Wettervorgänge, insbesondere solche, welche zum Teil auch subjektiv als mit Störungen verbunden empfunden werden. Unsere eigenen, wenig zahlreichen Beobachtungen an *Aedes aegypti* scheinen die allgemein verbreitete Erfahrung zu bestätigen, daß ein bestimmter Zusammenhang zwischen dem Verhalten vieler Tiere und der herrschenden Wetterlage bestehe. Besonders rege oder auffallend geringe Aktivität wurde auch bei Dipteren von zahlreichen Autoren erwähnt, und es wurde wiederholt auch darauf hingewiesen, daß der gesteigerte Tätigkeitsdrang oft schon Stunden, ja Tage vor dem sichtbaren Wetterereignis zu bemerken wäre (30, 41, 45). Daß Analoges für das physische und psychische Befinden des Menschen und für den Verlauf mancher Krankheiten bei Mensch und Tier gilt, ist ebenfalls wohl bekannt (7, 8, 25). Nach einer mündlichen Mitteilung von SARASIN (vgl. 38) kann beispielsweise auch die Vermehrungsgeschwindigkeit der Rückfallfieber-Spirochaete *Borrelia duttoni* in der Zecke bei bestimmten Wetterlagen stark gesteigert oder verlangsamt sein. Obgleich zwischen dem komplexen Vorgang einer Wetterstörung und den damit verbundenen mannigfaltigen Äußerungen der Organismen eine einfache Korrelation nicht leicht aufzuzeigen ist, scheint es sich doch zu bewahrheiten, daß der oder die entscheidenden meteorischen Faktoren am ehesten in Verbindung mit atmosphärischen Störungen in Erscheinung treten.

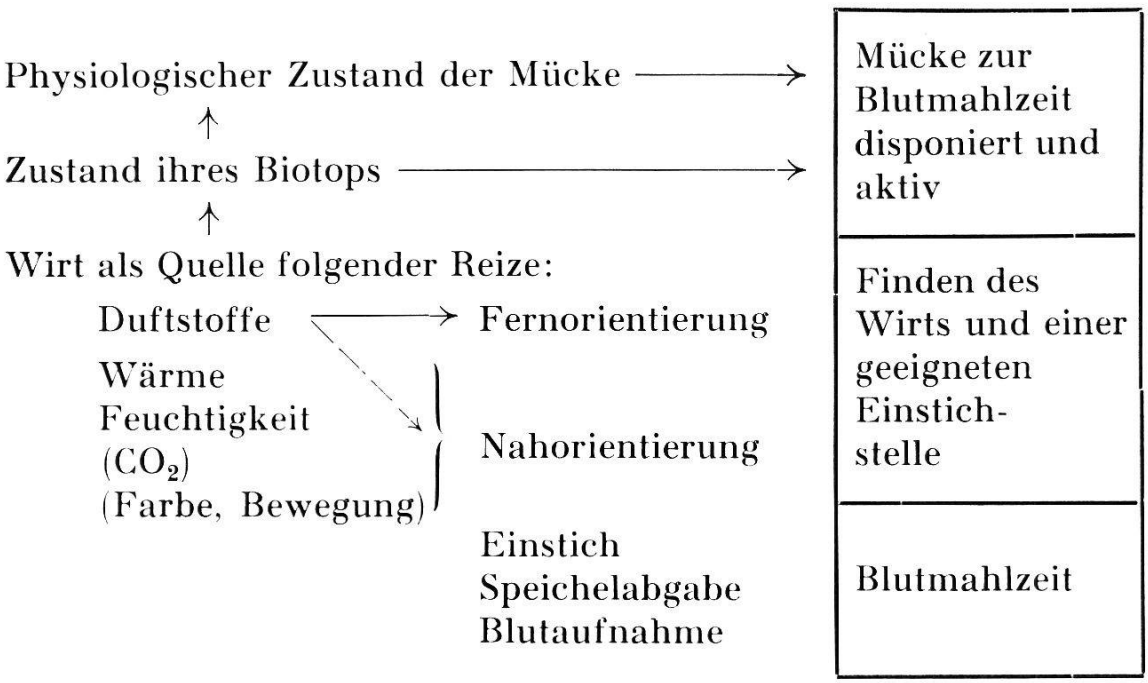
Zusammenfassend kommen wir zur Vermutung, daß keines der untersuchten Klima- und Wetter-Elemente — Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck — für das unterschiedliche Verhalten der Mücken an verschiedenen Tagen verantwortlich gemacht wer-

den kann. Rein empirisch gesehen bleibt jedoch ein kausaler Zusammenhang zwischen gewissen Wetterstörungen und dem Reagieren der Mücken mit größter Wahrscheinlichkeit bestehen.

Wenn wir bei den Mücken die Ursache für das wechselnde Verhalten in meteorischen Vorgängen suchen, so dürfen wir anderseits nach dem Vorhergesagten die Attraktionsschwankungen bei einzelnen Versuchspersonen zum Teil wohl auch darauf zurückführen. Dabei könnte der Einfluß der biotropen Faktoren beim Menschen direkt und indirekt erfolgen: direkt, durch eine Einwirkung auf die Duftstoffabgabe; indirekt beispielsweise durch Beeinflussung der Stimmung — es wurde weiter oben bereits auf die mögliche Bedeutung des seelischen Gleichgewichts für die Attraktion hingewiesen. Jedenfalls unterliegt in der Einheit Mücke-Mensch-Milieu nicht nur die Mücke, sondern ebenso der Mensch den Wirkungen des Milieu, insbesondere des atmosphärischen Milieu.

D. Voraussetzungen zum Blutsaugakt von Stechmücken.

Der Blutsaugakt der Stechmücken stellt mit allem, was ihm vorausgeht, einen komplexen, schwer überschaubaren Vorgang dar. Wir möchten deshalb zum Schluß versuchen, die beteiligten Faktoren in ihren wichtigsten Auswirkungen in Form eines Schema übersichtlich darzustellen. Wir sind uns bewußt, daß die Verflochtenheit der zahlreichen Einzelvorgänge dabei niemals zum Ausdruck kommen kann. Auf eine eingehende Diskussion sei verzichtet; es müßte zu vieles wiederholt werden, was in vorhergehenden Kapiteln bereits gesagt wurde. Der Kommentar soll lediglich den Sinn der im Schema verwendeten Ausdrücke erläutern.



Physiologischer Zustand der Mücke. Er hängt von den «endogenen Faktoren» ab, worunter unter andern die innere Tagesrhythmik (5, 15), die Intensität des Hungers, unter Umständen auch die erfolgte oder nicht erfolgte Begattung sowie, bei trächtigen Weibchen, der Grad der Eireifung zu verstehen sind (17, 18, 19).

Zustand ihres Biotops, die «exogenen Faktoren» im weitesten Sinne. Dazu gehören die dauernde Beschaffenheit der Erdoberfläche, der Vegetation, der Fauna und des Klima sowie deren momentaner Zustand: feucht oder trocken, grün oder verdorrt, die herrschenden Wetter- und Lichtverhältnisse.

Liegen die bisher aufgeführten Faktoren günstig, wird die Mücke aktiv nach einem Wirt suchen. Ist ein solcher zu weit entfernt, um von der Mücke an ihrem Aufenthaltsort wahrgenommen zu werden, erfolgt ihr «Beuteflug» zunächst ungerichtet. Wird er von Anfang an wahrgenommen, ist der «Beuteflug» gerichtet. Es ist denkbar, daß die Anwesenheit eines potentiellen Wirts, als ein weiterer unter den «exogenen Faktoren», die Aktivierung der Mücke beschleunigt.

Wirt als Reizquelle. Hat die Mücke einen potentiellen Wirt wahrgenommen, ist sie dank besondern Sinnesorganen auf den Antennen befähigt (35), ihn aufzufinden. Die Reize, welche sie dabei leiten, sind die der menschlichen oder tierischen Haut entströmenden Duftstoffe, deren Wirkung in nächster Nähe des Wirts von dessen Wärme und Feuchtigkeit noch gesteigert wird. Vermutlich findet die Mücke so auch eine speziell geeignete Einstichstelle. Die Bedeutung des Kohlendioxyds sowie der Farbe und Bewegung des Wirts konnte bisher nicht überzeugend dargelegt werden (4, 17, 42).

Einstich, Speichelabgabe und Blutaufnahme, die drei Vorgänge, welche die Blutmahlzeit im engern Sinn des Worts bilden, wurden andernorts bereits bis in die Einzelheiten beschrieben (2, 11).

Literatur.

1. BATES, M. (1954). The natural History of Mosquitoes. — New York: The Macmillan Company
2. BOORMAN, J. P. T. (1960). Observations on the feeding habits of the mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* L.: The loss of fluid after a blood-meal and the amount of blood taken during feeding. — Ann. trop. Med. Paras. *54,* 8-14
3. BROCK, J. (1954). Biologische Daten für den Kinderarzt. — Berlin: Springer-Verlag
4. BROUWER, R. (1960). The Attraction of Carbon Dioxyde excreted by the Skin of the Arm for Malaria Mosquitoes. — Trop. Geogr. Med. *12,* 62-66
5. BUENNING, E. (1958). Die physiologische Uhr. — Berlin: Springer-Verlag

6. CHRISTOPHERS, Sir R. (1960). *Aedes aegypti.* — Cambridge: University Press
7. DE RUDDER, B. (1952). Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen. — Berlin: Springer-Verlag
8. FREYVOGEL, T. (1956). Zur Frage der Wirkung des Höhenklimas auf den Verlauf akuter Malaria. — Acta Trop. *13,* 1-57
9. — (1956). Malaria in tiefer und mittlerer Höhenlage. — Acta Trop. *13,* 58-81
10. — (1960). Einige meteorologische Daten aus Südtanganyika. — Acta Trop. *17,* 365-374
11. GEIGY, R. und HERBIG, A. (1955). Erreger und Überträger tropischer Krankheiten. — Acta Trop. Suppl. *6*
12. GEIGY, R. und UTZINGER, G. E. (1953). Konstitution und insektenabhaltende Wirkung neuer Amide und die verwendeten Testmethoden. — Acta Trop. *10,* 349-360
13. HADDOW, A. J. (1946). The mosquitoes of Bwamba County, Uganda. II. Biting activity with special reference to the influence of microclimate. — Bull. Ent. Res. *36,* 33-73
14. — (1955). Studies on the biting habits of African mosquitoes. An appraisal of methods employed, with special reference to the 24-hour catch. — Bull. Ent. Res. *45,* 199-242
15. HARKER, J. E. (1958). Diurnal rhythms in the animal kingdom. — Biol. Rev. *33,* 1-52
16. HAUFE, W. O. (1955). The effects of atmospheric pressure on the flight responses of *Aedes aegypti* (L.). — Bull.Ent. Res. *45,* 507-526
17. LAARMAN, J. J. (1955). The host-seeking behaviour of the Malaria mosquito *Anopheles maculipennis atroparvus.* — Diss. in Acta Leidensia *25,* 1-144
18. LAVOIPIERRE, M. M. J. and PENA DE GRIMALDO, E. (1959). A summary of recent experiments on the physiology of biting of *Aedes aegypti* recently carried out in Liverpool. — Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg. *53,* 5-6
19. LAVOIPIERRE, M. M. J. (1959). Some observations on the biting cycle of the Liverpool strain of *Aedes aegypti* var. *queenslandensis.* — Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg. *53,* 307
20. LINNEWEH, F. (1959). Die physiologische Entwicklung des Kindes. — Berlin: Springer-Verlag
21. LUMSDEN, W. H. R. (1947). Observations on the effect of microclimate on biting by *Aedes aegypti* (L.) (Dipt. Culicid.). — J. Expt. Biol. *24,* 361-373
22. — (1958). The activity cycle of domestic *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Dipt. Culicid.) in Southern Province, Tanganyika. — Bull. Ent. Res. *48,* 769-782
23. MATTINGLY, P. F. (1957). Genetical aspects of the *Aedes aegypti* problem. I. Taxonomy and Bionomics. — Ann. trop. Med. Paras. *51,* 392-408
24. MCCLELLAND, G. A. H. (1959). Observations on the mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) in East Africa. — Bull. Ent. Res. *50,* 227-235
25. MILLS, C. A. (1942). Climate makes the man. — New York: Harper Broth.
26. MOERIKOFER, W. (1958). Grundzüge der medizinischen Klimatologie. — Monatskurse für die ärztliche Fortbildung *8,* 186-189
27. MUIRHEAD-THOMSON, R. C. (1938). The reactions of mosquitoes to temperature and humidity. — Bull. Ent. Res. *29,* 125-140
28. — (1951). Mosquito Behaviour. — London: Edward Arnold & Co.
29. — (1951). The distribution of Anopheline mosquito bites among different age groups, a new factor in Malaria epidemiology. — Brit. Med. J. 1114-1117
30. PARMAN, D. C. (1920). Observations on the effect of storm phenomena on insect activity. — J. Economic Ent. *13,* 339-343
31. PORTMANN, A. (1951). Biologische Fragmente zu einer Lehre vom Menschen. — Basel: Benno Schwabe

32. RAHM, U. (1956). Zum Problem der Attraktion von Stechmücken durch den Menschen. — Acta Trop. *13,* 319-344
33. — (1957). Wichtige Faktoren bei der Attraktion von Stechmücken durch den Menschen. — Rev. Suisse Zool. *64,* 236-246
34. — (1957). Zur Bedeutung des Duftes und des Schweißes bei der Attraktion von *Aedes aegypti* durch den Menschen. — Acta Trop. *14,* 208-217
35. — (1958). Die Funktion der Antennen, Palpen und Tarsen von *Aedes aegypti* L. beim Aufsuchen des Wirtes. — Rev. Suisse Zool. *65,* 779-792
36. — (1958). Die attraktive Wirkung der vom Menschen abgegebenen Duftstoffe auf *Aedes aegypti* L. — Zschr. Tropenmed. Paras. *9,* 146-156
37. ROTHMAN, S. (1954). Physiology and Biochemistry of the Skin. — Chicago: Univ. Press
38. SARASIN, G. (1959). Zum Organotropismus der Spirochaete *Borrelia duttoni* gegenüber der übertragenden Zecke. — Acta Trop. *16,* 218-243
39. SCHAERFFENBERG, B. und KUPKA, E. (1951). Untersuchungen geruchlicher Orientierung blutsaugender Insekten. I. Über die Wirkung eines Blutduftstoffes auf Stomoxys und Culex. — Österr. Zool. Zschr. *3,* 410-424
40. — (1959). Der attraktive Faktor des Blutes für blutsaugende Insekten. — Naturwiss. *46,* 457-458
41. SHAPIRO, J. M., SALITERNIK, Z. and BELFERMAN, S. (1944). Malaria survey of the Dead Sea Area during 1942, including the description of a mosquito flight test and its results. — Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg. *38,* 95-116
42. SMART, M. R. and BROWN, A. W. A. (1957). Studies on the responses of the female *Aedes* mosquito. VII. The effect of skin temperature, hue and moisture on the attractiveness of the human hand. — Bull. Ent. Res. *47,* 89-100
43. TEESDALE, C. (1956). Studies on the bionomics of *Aedes aegypti* (L.) in its natural habitats in a Coastal Region of Kenya. — Bull. Ent. Res. *46,* 711-742
44. WELLINGTON, W. G. (1946). The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. — Canad. J. Res. D. *24,* 51-70
45. — (1946). Some reactions of muscoid Diptera to changes in atmospheric pressure. — Canad. J. Res. *24,* D. 105-117

Résumé.

1. Le présent travail traite du degré d'attraction qu'exerce, sur des moustiques vecteurs de maladies, l'homme en fonction de son âge et de son sexe.

2. Les recherches ont été faites au laboratoire de l'Institut Tropical Suisse à Ifakara, au Tanganyika, avec plus de trois cents Africains et quelques Européens. On s'est adressé en premier lieu à *Aedes aegypti,* puis à *Anopheles gambiae.*

3. Les expériences préliminaires avec *Aedes aegypti* donnent les résultats suivants :

— la main de l'homme attire trois fois plus de moustiques que son bras
— le plus grand nombre de moustiques se trouve activé 4½ minutes à partir du début de l'expérience, bien que le nombre de « piqûres » progresse encore jusqu'à la fin de l'expérience. Cette progression se retrouve quelque soit l'heure ou la saison
— la promptitude de la réponse d'Aedes est la même vis-à-vis d'attracteurs forts ou faibles
— chaque lot d'Aedes, toutes traitées de la même manière, compte toujours des individus à réaction lente ou ne répondant pas du tout aux stimulants provenant de l'hôte

— à Ifakara, l'activité hématophage devient clairement plus vive vers le soir, tandis qu'à Bâle, elle reste plus ou moins la même toute la journée
— l'activité hématophage peut changer considérablement d'un jour à l'autre
— par ailleurs, l'effet qu'exerce un même attracteur peut également varier d'un jour à l'autre
— autant parmi les Africains que parmi les Européens, on peut distinguer des attracteurs forts, moyens et faibles
— aucune différence d'attraction n'est observée pour des Africains de tribus différentes
— le nombre de moustiques « piquant » au cours des expériences est plus élevé à Bâle (RAHM) qu'à Ifakara.

4. Avec *Anopheles gambiae* se font les observations suivantes :
— la main attire deux fois plus que le bras
— *A. gambiae* répond plus vite au stimulus de l'hôte qu'*A. aegypti* ; mais la vitesse de sa réaction est la même vis-à-vis d'attracteurs différents
— l'activité d'*A. gambiae* va diminuant du matin vers midi. L'après-midi ce moustique est inactif
— l'activité hématophage change considérablement de jour en jour
— la distinction d'attracteurs faibles, moyens et forts est valable aussi vis-à-vis d'*A. gambiae*.

5. Les nourrissons jusqu'à l'âge de neuf mois n'attirent que peu les moustiques. L'attraction augmente dès l'âge d'un an et semble de la même intensité dans les deux sexes jusqu'à la puberté. A l'âge adulte, les hommes attirent nettement plus les moustiques que les femmes et les enfants.

6. Il n'y a pas de différence importante d'attraction entre Européens et Africains. Un séjour prolongé dans les tropiques n'affecte pas l'attraction de l'Européen.

7. Nos observations météorologiques nous amènent aux conclusions suivantes :
— la température, l'humidité et la pression atmosphérique n'ont pas d'influence appréciable sur l'activité hématophage
— la lumière peut être d'une certaine importance *(Anopheles gambiae)*
— il semble exister une corrélation entre l'activité hématophage et les variations de temps (orages par exemple).

8. La discussion aborde principalement les points suivants :
— les substances volatiles émises par la peau sont d'une importance primordiale pour le moustique cherchant son hôte
— il semble que la composition des substances volatiles qui interviennent dans l'attraction des insectes, varie considérablement avec l'âge et, après la puberté, avec le sexe
— il est considéré que pour *Aedes aegypti* comme pour beaucoup d'autres insectes l'activité hématophage est dirigée par un rhythme journalier. Il semble néanmoins que celui-ci puisse être facilement masqué chez *Aedes aegypti*, par exemple dans certaines conditions climatiques (Europe/Afrique)
— si les éléments faciles à mesurer paraissent dépourvus d'effet, il semble cependant que les principes de la météorobiologie humaine seraient valables en biologie en général
— l'auteur tente de réunir toutes les conditions nécessaires à l'acte hématophage du moustique.

Summary.

1. The main problem dealt with in this paper is the question of what importance are the age and sex of people in their attraction for blood sucking mosquitoes, especially vectors of diseases.

2. The experiments were carried out at the Field Laboratory of the Swiss Tropical Institute at Ifakara (Tanganyika), mainly with *Aedes aegypti,* on more than 300 Africans as well as on some Europeans. Some few experiments were carried out with *Anopheles gambiae* too.

3. Some incidental results with *Aedes aegypti* are given first:
— the hands of people are three times more attractive than their arms
— 4½ minutes after the start of the experiment the majority of the mosquitoes are activated. But the number of "bites" goes on increasing till the end of the experiment (10 minutes). This course of the experiment is unaffected by the season or the time of the day
— *Aedes aegypti* reacts as quickly on strong as on weak attractors
— in a group of female mosquitoes, which have all been handled in the same way, some always respond only slowly or do not respond at all
— at Ifakara the biting activity is clearly raising from the morning to the evening. Corresponding experiments in Basle did not show such an increase
— the biting activity may undergo important variations from one day to another
— as to the attractivity of people the same is true
— there are strong, medium and weak attractors among the Africans, as has been stated earlier for the Europeans
— no difference of attraction could be shown for Africans of different tribes
— the number of "bites" obtained in the experiments was higher in Basle than in Ifakara.

4. The following incidental results are obtained with *Anopheles gambiae:*
— the hands attract twice as much as the arms
— the reaction of *A. gambiae* to stimuli of a host is quicker than that of *A. aegypti;* but it is as quick to strong as to weak attractors
— the activity of *A. gambiae* fades completely away from the time of sunrise to noon
— the biting activity varies strongly from day to day
— for *A. gambiae* the same classification into strong, medium and weak human attractors is valid as for Aedes.

5. The attraction of the newborn is very low; but it increases during the first year of life, at the end of which it reaches the average level common to both sexes. Males, however, show a second raise during puberty, c.f. graph Fig. 13.

6. Regardless of their race Africans and Europeans attract the same number of mosquitoes. Even a long sojourn in the tropics does not affect the attraction of Europeans.

7. The examination of our meteorological data leads to the following conclusions:
— the biting activity is not influenced by factors as easily measured as temperature, humidity and atmospheric pressure
— light may be very important *(Anopheles gambiae)*
— there seems to exist a correlation between weather (thunderstorms) and biting activity.

8. The main points of discussion are:
— it is thought that volatile substances emitted by and through the skin are most important in enabling the mosquito to find its host
— concerning the difference in the attractiveness of different age and sex groups, the conclusion is reached, that the composition of volatile substances is considerably altered in the first year of life and for male persons a second time during puberty
— it is considered that a diurnal rhythm is underlying the biting activity of *Aedes aegypti* too. It seems, nevertheless, that for this mosquito the daily rhythm is easily disguised, perhaps by some climatic factors
— as to the influence of meteorological factors: considering the fact, that there cannot be found a clear causal correlation between biting activity and single, known weather elements, that on the other hand weather changes definitely are of some influence, the proposition is put forward, to consider the principles of human meteorobiology to be valid in biology altogether.
— an assay is made to sum up all factors involved in the final blood-taking of a mosquito.