

Zeitschrift: Acta Tropica
Herausgeber: Schweizerisches Tropeninstitut (Basel)
Band: 6 (1949)
Heft: 2

Artikel: Aeussere Einwirkungen beim Schlüpfen von Aedes aegypti aus dem Ei
Autor: Geigy, R. / Gander, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-310226>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

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

Außere Einwirkungen beim Schlüpfen von *Aedes aegypti* aus dem Ei.¹

Von R. GEIGY und R. GANDER.

(Eingegangen am 4. April 1949.)

Aus den Eiern der meisten Stechmücken schlüpfen in der Regel die jungen Larven, sobald ihre Embryonalentwicklung abgeschlossen ist und sie unter dem Chorion für ihr aquatiles Leben fertig ausgebildet sind. Man kann höchstens durch Abkühlung den Schlüpfmoment um einige Tage hinauszögern. So ist es z. B. möglich, Eier von *Anopheles quadrimaculatus* während 10 Tagen bei einer Temperatur von $+6^{\circ}\text{C}$ auf feuchtem Fließpapier zu halten; verbringt man sie anschließend wieder in gemäßigte Temperaturen von $20\text{--}26^{\circ}\text{C}$ und daraufhin in Wasser derselben Temperatur, so schlüpfen sie normal. Allerdings wird diese Unterkühlung nicht länger als ca. 10 Tage ertragen; je länger sie dauert, desto weniger Eier sind nachher noch schlüpfähig, und nach einer Periode von 15 Tagen sind sämtliche Keime zerstört. Die durch Unterkühlung erreichte Verzögerung des Schlüpfmomentes beruht, soweit wir bis jetzt ermitteln konnten, wohl vor allem auf einer Verlangsamung der Embryonalentwicklung, bis zu einem gewissen Grad aber auch auf einer Hemmung der fertigen Junglarve, welche bei dieser Temperatur ihre Schlüpfbewegungen nicht ausführt.

Eine ganz andere Möglichkeit der Schlüpfverzögerung besteht nun aber bei den Eiern der *Aedes*-Gruppe, von der wir speziell *Aedes aegypti* untersucht haben. Es ist schon seit längerem bekannt (siehe z. B. THEOBALD, 1903), daß *Aedes*-Eier, ohne Schaden zu nehmen, lange Trockenperioden überdauern können und daß dann, wenn sie später wieder ins Wasser gebracht werden, die Larven normal schlüpfen. An ihren natürlichen Aufenthaltsorten in warmen Ländern deponiert die Gelbfiebermücke am Rande sumpfiger Gewässer oder auch in ganz kleine Wasseransammlungen ihre Eier, die dann normalerweise wie jedes andere Stechmückenei nach Beendigung der Embryonalentwicklung ihre Larven entlassen. Trocknet aber kurz nach der Eiablage die sumpfige Stelle oder die Pfütze aus, so bleiben die Eier monatelang lebensfähig, und das Schlüpfen erfolgt erst, wenn sie wieder mit Wasser in Berührung kommen. Experimentell hat ROUBAUD (1927) gezeigt, daß Trocken-

¹ Ermöglicht durch Arbeitsbeschaffungskredite des Bundes.

perioden bis zu 8 Monaten ertragen werden. Aus eigener Erfahrung wissen wir, daß *Aedes*-Eier während 4 Monaten bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80% und einer Temperatur von 26° C ohne Schaden aufbewahrt werden können; läßt man dagegen die Luftfeuchtigkeit unter 70% sinken, so trocknen die Eier immer schneller aus, zeigen schließlich starke Eindellungen ihrer Oberfläche und gehen ein.

Prüft man nun das Schlüpfvermögen von Eiern, die bald nach ihrer Ablage auf feuchtem Fließpapier in Wasser verbracht wurden, oder auch von Eiern, die eine mehr oder weniger lange Trockenperiode (bei 80% Luftfeuchtigkeit) überdauert haben, so zeigt sich bei beiden Kategorien eine weitere Eigentümlichkeit. Der Prozentsatz der schlüpffähigen Eier und die Zeit, innerhalb der sie schlüpfen, variiert nämlich stets sehr stark. BUXTON und HOPKINS haben dies schon 1927 sehr klar ausgesprochen: «One frequently wants a number of larvae for experimental purposes, all of precisely the same age. In our present state of ignorance one can only secure these accidentally by putting a lot of eggs into suitable water, three-quarters may hatch in an hour, or none may hatch in the first week.» Wir selber konnten feststellen, daß aus *Aedes*-Eiern, die wir in frisches Leitungswasser verbringen, in der Regel überhaupt keine Larven schlüpfen, ob die Eier nun vorher trocken gehalten worden sind oder nicht; legen wir sie dagegen in abgestandenes Wasser ein, so variiert der Prozentsatz der schlüpfenden Larven in der oben beschriebenen Weise. Das *Aedes*-Ei weist somit zwei Eigentümlichkeiten auf, die offenbar in einem biologisch-physiologischen Zusammenhang miteinander stehen:

1. ein ganz außergewöhnliches *Austrocknungsvermögen* bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 75 bis 80% an aufwärts;
2. ein *Schlüpfvermögen*, das offenbar entscheidend durch äußere Faktoren mitbedingt wird.

In den Abbildungen 1—4 sind die verschiedenen Phasen eines Schlüpfaktes photographisch festgehalten: Die in Richtung ihrer Längsachse unter dem Chorion zusammengedrückte Junglarve (Abb. 1) bringt durch einen kleinen Vorstoß des Kopfes den kalottenförmigen Eideckel zum Abspringen (Abb. 2); der Rand dieses Deckels ist nie ausgezackt oder zerrissen, sondern gleichmäßig gerade, was darauf zurückzuführen ist, daß die Larve die Schale von innen her mit ihrem Eizahn rundherum angeritzt hat. Der nächste Schritt besteht nun darin, daß die Larve ihren Kopf bis zur vordern Grenze des Thorax aus dem Chorion hervordrängt, wobei diesem häufig noch der Schalendeckel aufsitzt. Der Thorax und die Segmente des Abdomens liegen noch teleskopartig eng ineinandergeschachtelt im Ei (Abb. 3). Bald drängt sich aber auch



Abb. 1.

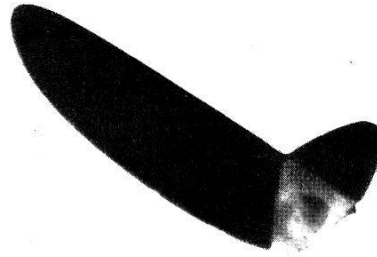


Abb. 2.

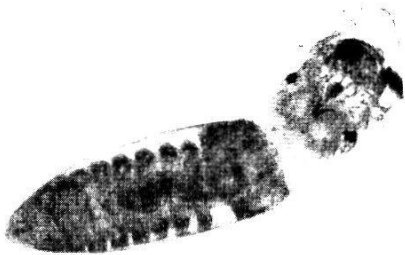


Abb. 3.



Abb. 4.

Abb. 1—4. Phasen des Schlüpfaktes einer Larve von *Aedes aegypti* (Mikrophoto. Vergrößerung 66 $\times$).

In Abb. 2 erkennt man unmittelbar unter dem abgehobenen Eideckel den am Kopf hervorstehenden Eizahn.

der Thorax ins freie Wasser hinaus, und fast gleichzeitig schnell das ganze Tier federartig der Länge nach auseinander, vollführt eine kurze Zuck- oder Schlängelbewegung und ist endgültig befreit (Abb. 4).

Wir haben nun zunächst das Verhalten der *Aedes*-Keime während einer Trockenperiode genauer untersucht und festgestellt, daß die Embryonalentwicklung auf trockenem Fließpapier bei 28° C und 80% Luftfeuchtigkeit ebenso normal verläuft, wie wenn die Eier unmittelbar nach der Ablage in Wasser verbracht werden. Die junge Larve ist nach ziemlich genau 72 Stunden fertig ausgebildet. Liegt aber das Ei trocken oder sind im umgebenden Wasser die erforderlichen Bedingungen nicht erfüllt, so unterbleibt der Schlüpfakt. Es ist demnach nicht die Embryonalentwicklung, die durch ungünstige Außenbedingungen (Trockenlegung, Zusammensetzung des Zuchtwassers) gehemmt wird, sondern es handelt sich um eine Unterbindung des Larven-Schlüpfaktes.

Zur Bestimmung der Faktoren, welche für das Auslösen des Schlüpfaktes maßgebend sind, haben schon verschiedene Autoren, wie z. B. ATKIN und BACOT (1917), ROUBAUD (1927, 1929), ROUBAUD und COLAS BELCOUR (1927, 1929), ROZEBOOM (1934, 1935),

GJULLIN, YATES und STAGE (1939), CORNELL (1941), GJULLIN (1941), Untersuchungen angestellt. Verschiedene, dem Zuchtwasser beigegebene Substanzen, Fermente, Hefe, Bakterien usw., sind auf ihre Wirkung geprüft worden, desgleichen mechanische Einflüsse, Hitze und Kälte usw. Es zeigte sich, daß es sehr viel verschiedene Wege gibt, um das Schlüpfen zu provozieren, ohne daß sich aber eine einheitliche Linie erkennen ließ, bis dann GJULLINS Untersuchungen bei *Aedes vexans* und *Aedes lateralis* 1941 die grundsätzliche Erkenntnis brachten, daß ein entscheidender Zusammenhang besteht zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und dem Zustandekommen des Schlüpfaktes. GJULLINS Resultate sind uns erst einige Zeit nach Kriegsende zugänglich geworden und zeigten eine große Uebereinstimmung mit den Befunden, zu denen wir inzwischen, unabhängig von ihm, bei *Aedes aegypti* gekommen waren.

Angeregt durch Beobachtungen von TRAGER und SUBBAROW (1938), wonach I-Riboflavin und Thiamin für das Wachstum geschlüpfter Mückenlarven unerläßlich sind, haben wir zunächst eine Reihe vitaminhaltiger Produkte und reiner Vitamine (die uns in freundlicher Weise von der Firma F. Hoffmann-La Roche & Co., AG., Basel, zur Verfügung gestellt wurden), daneben aber auch eine ganze Reihe anderer Stoffe auf ihre allfällige, den Schlüpfakt der Junglarve auslösende Wirkung geprüft². Die Resultate sind in der Tabelle zusammengestellt. Es ergibt sich daraus, daß sicher nicht die Vitamine an sich oder etwa gewisse Vitamine für das Schlüpfen verantwortlich sind; verschiedene Vitaminpräparate erwiesen sich übrigens als vollständig unwirksam (rechte Kolonne). Dagegen läßt ein Blick auf die übrigen mehr oder weniger rasch wirksamen Stoffe und ein Vergleich der linken und rechten Kolonne deutlich erkennen, daß die von verschiedensten Agentien auf das Wasser ausgeübte reduzierende Wirkung offenbar den Ausschlag geben muß.

Im Gegensatz zu den in der rechten Kolonne aufgeführten Vitaminen wirkt Vitamin C sehr aktiv reduzierend; ähnlich, doch weniger rasch wirksam, verhalten sich auch die sogenannten Ekra-Weizenkeime, ein Produkt, das als Stärkungsmittel in den Handel kommt und das verschiedene Vitamine und pflanzliches Eiweiß enthält. Eine ebenso schnelle Wirkung wie mit Vitamin C kann mit den bekannten Reduktionsmitteln Pyrogallol, schwefliger Säure, Hydrochinon sowie mit der O₂-bindenden Stahlwolle erreicht wer-

² Im Prinzip wurden alle Versuche in derselben Weise durchgeführt: In zwei Glasschalen wurden in je 100 ccm Leitungswasser von Zimmertemperatur die gleiche Anzahl, meist 25, einzeln kontrollierte, pralle Mückeneier gebracht; die eine diente als Kontrollserie, der anderen Schale wurde eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Substanz zugesetzt.

Wirksame Substanzen

Unwirksame

	Zeitliche Wirksamkeit	Menge pro 100 ccm H ₂ O	
Ekra-Weizenkeime	nach 2—3 Std.	5 mg	Vitamin B ₁ u. B ₂
Vitamin C	nach 10—20 Min.	5 mg	Nicotylamid
			Pantothensäure u. w.
Pyrogallol	nach 10—20 Min.	5 mg	Kaliumpermanganat
Hydrochinon	nach 10—20 Min.	5 mg	Oxalsäure
Schwefl. Säure	nach 10—20 Min.	1 Tropfen	Ammoniak
Stahlwolle	nach 10—20 Min.	100 mg	Wasserstoffperoxyd
Amylum solub.	nach 10—15 Std.	200 mg	Glykokoll
Reisstärke	nach 10—15 Std.	200 mg	Thyroxin
Glykogen	nach 10—15 Std.	200 mg	Inosit
Glucose	nach 10—15 Std.	200 mg	Adermin
Maltose	nach 10—15 Std.	200 mg	Biotin
Lactose	nach 10—15 Std.	200 mg	Gummi arabic.
Pectin	nach 10—15 Std.	200 mg	Milchsäure
Hefe	nach 10—15 Std.	50 mg	KH ₂ PO ₄
Meersch.-Blut	nach 10—15 Std.	0,5 ccm	Na ₂ H PO ₄
Urin	nach 10—15 Std.	1 ccm	1(+) Glutaminsäure
Kastanienblätter	nach 10—15 Std.	500 mg	1(—) Cystin
Catalpa-Holz	nach 10—15 Std.	500 mg	Chlor

den. Diese Stoffe provozieren innert 10—20 Minuten das Schlüpfen, und zwar nicht nur bei einer unbestimmten und wechselnden Anzahl von Eiern, sondern bei durchschnittlich 98%, wie folgende Beispiele zeigen:

Vers.-Nr.:	Anzahl der Eier:	Beigegeb. Substanz:	Geschl. Larven:
76	100	Vitamin C	98
191	100	Ekra-Weizenkeime	99
208	100	Pyrogallol	98
249	100	Schwefl. Säure	98
219	100	Hydrochinon	99

Im Gegensatz dazu sind Oxydationsmittel wie Kaliumpermanganat, Wasserstoffsperoxyd usw. gänzlich unwirksam. Die verschiedenen Kohlehydrate und alle übrigen in der linken Kolonne aufgeführten Stoffe zeigen ebenfalls eine sichere, aber bedeutend langsamere Wirkung und lösen den Schlüpfakt durchwegs innert 10 bis 15 Stunden aus. Ihre Gegenwart im Zuchtwasser erzeugt eine fortschreitende Abnahme des Sauerstoffgehaltes, sei es direkt durch Reduktionswirkung oder indirekt durch Begünstigung der Entwicklung von Bakterien, die ihrerseits dem Wasser den Sauerstoff entziehen. Die beiden letzten Beispiele, Kastanienblätter und Holz des Catalpa-Baumes, illustrieren deutlich, daß die für den Schlüpfakt erforderlichen Bedingungen in den stehenden Gewässern der freien

Natur praktisch immer erfüllt sind, indem der Vitamingehalt eines dörren Blattes oder eines Holzstückchens genügt, um diese Voraussetzungen zu schaffen. Durch Auskochen oder Abstehenlassen des Wassers wird derselbe Effekt erzielt, und nur wenn eine künstliche Durchlüftung eingeschaltet wird, kann dieser wieder aufgehoben und das Schlüpfen der Larven verhindert werden. Messungen des in reinem Wasser gelösten Sauerstoffes ergaben, daß eine Herabsetzung desselben auf die Hälfte des Normalgehaltes bei einer bestimmten Temperatur alle Larven zum Schlüpfen veranlaßt.

Hier verdient nun noch folgender Versuch der Erwähnung. Werden 25 Eier auf angefeuchtetem Fließpapier in eine Stöpselflasche gebracht und in dieser, bevor sie hermetisch verschlossen wird, ein feuchtes Fließpapiersäckchen aufgehängt, in welchem sich Pyrogallol und Pottasche befindet, so schlüpfen alle 25 Larven auch außerhalb des Wassers. Man kann also durch Entzug des Luftsaauerstoffes mit derselben Präzision dasselbe Resultat erzielen wie im Wasser.

Wir gehen zur Zeit der Frage nach, auf welchem Wege die Sauerstoffarmut des Außenmilieus auslösend auf den Schlüpfmechanismus der Larve einwirkt. Man könnte z. B. an Veränderungen des osmotischen Druckes im Innern der Larve denken, wodurch Wasseraufnahme und damit eine Volumenvergrößerung, bzw. eine Dehnung des Larvenkörpers unter der Eischale, verursacht würde. Auch an eine Einwirkung auf das Zentralnervensystem oder die Muskulatur (Ritzbewegung mit dem Eizahn) ließe sich denken, doch sind wir noch nicht in der Lage, uns zu diesem Punkt weiter zu äußern. (Vgl. hiezu SIKES, E. K., und WIGGLESWORTH, V. B., 1931.) Jedenfalls hat es sich gezeigt, daß Quetschsaft frisch geschlüpfter Larven, wenn man ihn auf die Eier bringt, bei diesen das Schlüpfen nicht auszulösen vermag.

Auf Grund des heutigen Standes der Analyse läßt sich sagen, daß der für die Entwicklung der Gelbfiebermücke in warmen Ländern so bedeutsame Vorteil des «Austrocknungsvermögens» der Eier auf zwei Umstände zurückzuführen ist:

1. darauf, daß die schlüpfbereite Larve, im Gegensatz zu anderen Mückenlarven, imstande ist, unter der Eihülle bei einem relativen Luftfeuchtigkeitsgehalt von 75% an aufwärts monatelang am Leben zu bleiben. Worauf diese besondere Widerstandsfähigkeit beruht (Panzerdicke, besonderer Schutz der Körperoberfläche der Larve gegen Verdunstung), ist im einzelnen nicht bekannt;
2. daß das Verharren der Larve im Ei bei Trockenlegung bedingt ist durch den normalen Sauerstoffgehalt der umgebenden Luft, der ein Schlüpfen und damit ein sicheres Zugrundegehen der Larve verhindert.

Literaturverzeichnis.

1. *Atkin, E.*, and *Bacot, A.*: The relations between the hatching of the eggs and development of the larvae of *Steg. fasc.* and the presence of bacteria and yeasts, *Parasitology* 9, p. 482, 1917.
2. *Buxton, P. A.*, and *Hopkins, G. H. E.*: Researches in Polynesia, Mem. Ser. London School of Hyg. Trop. Med., 1, 1927.
3. *Cornell, W. A.*: Hatching Response of *Aedes sollicitans*. Jour. of Econ. Ent. April 1941.
4. *Gjullin, C. M.*: The Necessity of a low oxygen concentration for the Hatching of *Aedes* Mosquito Eggs. Jour. of Cellular and Comparative Physiology. Vol. 17, Nr. 2, 1941.
5. *Gjullin, C. M.*, *Yates, N. W.*, and *Stage, H. H.*: The effect of certain chemicals on the hatching of mosquito eggs, *Science (N. Y.)* 539—40, I, 1939.
6. *Raymond, C. S.*, and *Putnam, Persis*: The Biology of *Stegom.* under laboratory conditions. Proceedings of the Entomological Soc. of Washington. Vol. 36, Nr. 7, Oct. 1934.
7. *Roubaud, E.*: L'éclosion de l'œuf et les stimulants d'éclosion chez le moustique de la fièvre jaune, *C. R. Acad. Sciences*, 185, 1927.
8. *Roubaud, E.*: Faits nouveaux concernant la vie et la destruction du moustique de la fièvre jaune, *C. R. Acad. Sciences coloniales*, 16 nov. 1927.
9. *Roubaud, E.*: Recherches biologiques sur le moustique de la fièvre jaune. *Aedes argenteus* Poiret. Facteurs d'inertie et influences réactivantes du développement. Les œufs durables, etc. *Annales de l'Institut Pasteur* 43, 1093 à 1209, 1929.
10. *Roubaud, E.*, et *Colas-Belcour, J.*: Action de diastases dans le déterminisme d'éclosion de l'œuf chez le moustique de la fièvre jaune. (*Steg. fasc.*), *Annales de l'Institut Pasteur* 43, 644—655, 1927.
11. *Roubaud, E.*, et *Colas-Belcour, J.*: Actions des diastases et des facteurs microbiens solubles sur l'éclosion des œufs durable du moustique de la fièvre jaune. *Ann. de l'Institut Pasteur*, 43, Paris, 1929.
12. *Rozeboom, L. E.*: The effect of bacteria on the hatching of mosquito eggs. *Amer. J. Hyg.* vol. 20, pp. 456—501, 1934.
13. *Rozeboom, L. E.*: The relation of bacteria and bacterial filtrates to the development of mosquito larvae. *Amer. J. Hyg.* 21, 167—179, 1935.
14. *Sikes, Enid K.*, and *Wigglesworth, V. B.*: The hatching of insects from the egg, and the appearance of air in the tracheal system. *Quart. J. microsc. Sci.* NS 74, p. 165—192, 1931.
15. *Trager, W.*, and *Subbarow, Y.*: The chemical nature of growth factors required by mosquito larvae: I Riboflavin and thiamin, *Biol. Bull.* 75, 75—84, 1938.

Résumé.

Parmi les œufs des moustiques piqueurs, celui d'*Aedes aegypti* dispose d'une faculté de dessèchement tout à fait extraordinaire. Si, normalement, dans la nature ou dans des conditions expérimentales, le milieu humide, sur lequel l'œuf est déposé, dessèche, le développement embryonnaire continue sous l'enveloppe de l'œuf sans interruption, et la jeune larve est formée au bout d'environ 72 heures. A condition que le degré d'humidité de l'atmosphère ne descende pas au-dessous de 70 %, l'organisme larvaire peut résister

au desséchement pendant près d'une année, mais il est inhibé d'éclore. Cette inhibition peut continuer, même si l'œuf vient au contact de l'eau, si cette eau est riche en oxygène. Le « pouvoir d'éclosion » de l'œuf d'*Aedes* dépend de la teneur en oxygène du milieu environnant, qu'il s'agisse d'eau ou d'air. Si, par des agents réducteurs quelconques, tel que par exemple la Vitamine C, le pyrogallol, l'hydrochinone, l'acide sulfureux et d'autres, le taux d'oxygène du milieu se trouve être réduit environ de moitié, la larve est capable d'éclore au bout de 10 à 20 minutes. On peut ainsi faire éclore des larves même à l'air sur du papier filtre humide, si le milieu a été désoxygéné par un agent réducteur. Le mécanisme interne de cette coaptation biologique curieuse qui avantage grandement la propagation du moustique de la fièvre jaune dans les pays chauds, n'est pas encore décelé. Il s'agit peut-être de phénomènes d'ordre osmotique ou d'une action directe ou indirecte sur le système nerveux ou la musculature de la larve, prête à éclore.

Summary.

Compared with eggs of other mosquitoes the egg of *Aedes aegypti* shows an extraordinary high capacity of desiccation. If under normal conditions in nature or under experimental conditions in laboratory the moist medium on which the egg is deposited is desiccated, embryonic development will proceed without interruption under the egg shell and the young larva is formed after about 72 hours. Under the condition that the relative atmospheric humidity does not drop below 70%, the larva can resist to desiccation for about one year, but hatching is prevented. This inhibition may go on even if the egg comes into contact with water which is rich in oxygen. The hatching capacity of the *Aedes* egg is dependent on the oxygen content of the medium, whether it is water or air. If the oxygen content of the medium is reduced to one half approximately by reducing agents as vitamin C, pyrogallol, hydrochinon, sulphurous acid and others, the larva is capable of hatching after 10-20 minutes. It is even possible to provoke hatching of larvae in air on moistened filter paper after having desoxygenated the medium with reducing agents. The internal mechanism of this strange biological adaptation which is a great advantage for the propagation of the yellow fever mosquitoes in warm countries has not yet been detected. It is possible that osmotic phenomena are concerned, but there may also be a direct or indirect action upon the nervous or muscular system.
