

**Zeitschrift:** Acta Tropica  
**Herausgeber:** Schweizerisches Tropeninstitut (Basel)  
**Band:** 6 (1949)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Die Hypertrophie der Organe beim Weibchen von *Tunga penetrans*  
**Autor:** Geigy, R. / Herbig, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-310238>

#### Nutzungsbedingungen

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

#### Conditions d'utilisation

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

#### Terms of use

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

**Download PDF:** 13.01.2026

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

(Schweizerisches Tropeninstitut, Basel.)

# Die Hypertrophie der Organe beim Weibchen von *Tunga penetrans*<sup>1</sup>.

Von R. GEIGY und A. HERBIG.

(Eingegangen am 13. Juni 1949.)

In dieser Arbeit soll eine Uebersicht gegeben werden über die ersten Resultate morphologischer und histologischer Untersuchungen, die zurzeit an einem größeren Material von Sandflohweibchen durchgeführt werden. Es ist geplant, verschiedene noch nicht abgeklärte Fragen weiter zu verfolgen und durch neue Beobachtungen am Lebenden zu ergänzen. Wir verzichten hier auf eine eingehende Behandlung der einschlägigen Literatur und begnügen uns damit, auf die grundlegenden Darstellungen von FÜLLEBORN 1908 sowie PATTON und CRAGG 1913 hinzuweisen, die sich mit dem äußeren Ablauf jener eigenartigen Hypertrophie befassen, welche das Weibchen des Sandflohls durchmacht, wenn es in die menschliche Haut eindringt. Bekanntlich wird die unförmliche Aufblähung des Flohleibes etwa verglichen mit der noch viel eindrücklicheren Hypertrophie des Hinterleibes gewisser Termitenköniginnen, bei denen ebenfalls die Intersegmentalhäute eine gewaltige Dehnung erfahren. Dort wird im allgemeinen die Zunahme des Körpervolumens auf das außergewöhnliche Anwachsen der Eierstöcke zurückgeführt, die das Abdomen zu einem großen Teil ausfüllen. Trotzdem dieser Vergleich viel Bestechendes an sich hat, so muß doch folgendes bedacht werden. Das Weibchen von *Tunga* ist ein ausgesprochener Hautparasit, der vom Ekto- zum Entoparasitismus übergegangen ist (einen wesentlichen Schritt weiter als die nahverwandte *Echidnophaga gallinacea*) und sich vom Blut seines menschlichen oder tierischen Wirtes ernährt. Die Termitenkönigin ist kein Parasit; mit ihren degenerierten Mundwerkzeugen ist sie dagegen darauf angewiesen, von den Arbeiterinnen gefüttert zu werden, wobei ihr allerdings ebenfalls mehr Nahrungsmengen zugeführt werden als einer gewöhnlichen Termite, denn ihr Bedarf ist wegen des Aufbaues der riesigen Eierstöcke besonders groß.

Das zum größten Teil in alkoholischem Pikrinsäuregemisch (Duboscqsche Lösung) fixierte Material wurde in der Hauptsache vom ersten Autor im Jahre 1945 anlässlich eines Forschungsaufenthaltes am Pasteur-Institut in Brazzaville (Franz.-Aequatorialafrika) gesammelt. Es bot sich dort Gelegenheit, an den Füßen der zur

<sup>1</sup> Ermöglicht durch Arbeitsbeschaffungskredite des Bundes.

ärztlichen Untersuchung erscheinenden schwarzen Eingeborenen weibliche Sandflöhe zu sammeln, die entweder gerade im Begriffe waren, in die Haut einzudringen, oder sich bereits in der oberflächlichen Hornschicht angesiedelt und verschiedenste Stadien der Hypertrophie erreicht hatten. Dieses Material konnte später durch eine Sendung aus Puerto Rico und 1948 durch eine solche aus dem Innern des Belgischen Kongo ergänzt werden, welch letztere wir unserm Kollegen, Herrn Prof. Dr. H. Hediger, verdanken. Die hier wiedergegebenen Resultate umfassen Beobachtungen über die äußeren und inneren Merkmale und Begleiterscheinungen dieser eigenartigen Hypertrophie, wobei wir, um die Darstellung zu vereinfachen, vier Stadien unterscheiden wollen.

#### *Der Verlauf der Hypertrophie von außen gesehen.*

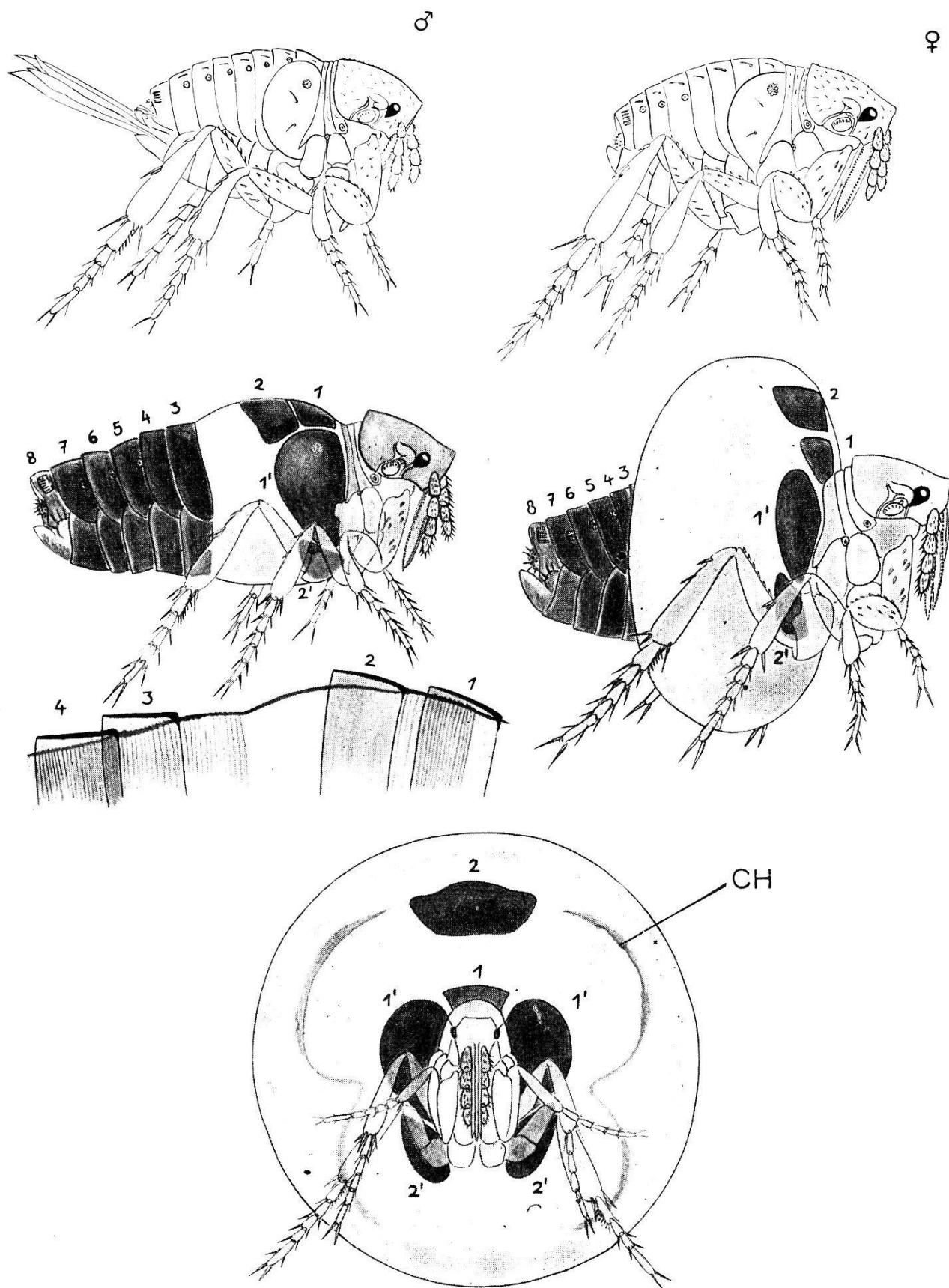
Eine Revision der Angaben verschiedener Autoren ergibt, daß eine allgemeine Unsicherheit darüber besteht, welche Segmente an der Dehnung des weiblichen Abdomens beteiligt sind. Manche Autoren, wie z. B. KARSTEN 1865, ENDERLEIN 1900/1901, FÜLLEBORN 1908, PATTON und CRAGG 1913 und EYSSEL 1924, äußern sich im einzelnen überhaupt nicht dazu. WOLFFHÜGEL 1908 und MARTINI 1932 nehmen an, daß es vor allem die intersegmentale Membran zwischen den Abdominalsegmenten 3 und 4 ist, welche sich stark erweitert und die Hypertrophiezone bedeckt; MANSON 1946 glaubt an eine Beteiligung des 2. bis 6. Segmentes, während einzig STRONG 1945 in Uebereinstimmung mit unsren Befunden bemerkt: «This enlargement takes place in the second and third abdominal segments. . .» Ein Entscheid in dieser Frage ist nur möglich, wenn man eine ganze Serie von Stadien und vor allem auch die frühen zur Beurteilung vor sich hat.

Das aus der Puppenhülle geschlüpfte Weibchen hält sich voraussichtlich einige Zeit im sandigen Boden auf, um dann bald von der menschlichen Haut angezogen zu werden. In der Mehrzahl der Fälle wählt es irgendwo am Fuß eine Stelle zum Eindringen, jedoch kann auch an andern Körperteilen, speziell an den Händen, Sandflohbefall festgestellt werden. Der weibliche Floh begnügt sich nun nicht damit, wie der männliche oder wie andere Floharten, seinen kurzen Saugrüssel in die Haut einzubohren, sondern er drängt sich Kopf voran mit aller Kraft unter die Oberschichten der Hornhaut. Zu diesem Zeitpunkt lassen sich schon die ersten Anzeichen der Hypertrophie erkennen, wir nennen dies das Stadium I (siehe Abb. 1). Die ersten Symptome beschränken sich zunächst auf ein Auseinanderweichen der Abdominalsegmente 2 und 3 in cephalo-caudaler Richtung. Zwischen ihnen erscheint eine weißliche Inter-

segmentalmembran. Bald darauf erscheinen auch schmale Intersegmentalzonen zwischen Tergit 1 und 2 sowie zwischen diesen und den schuppenförmigen, paarigen Sterniten 1' (häufig auch als Collare bezeichnet) und beidseitig zwischen den Sterniten 1' und den ebenfalls paarigen 2' sowie auf der ventralen Mediane zwischen den beiden Sterniten 2'. Auf mikroskopischen, mit Azan-Gemisch gefärbten Schnitten läßt sich über den Modus dieser Dehnung des äußeren Chitinpanzers folgendes erkennen. Die im Vitalzustand bräunlich getönten Segmente färben sich mit Azan gelbrot und zeigen eine relativ glatte Oberfläche. Derjenige Teil der Intersegmentalhaut, welcher das Segment im Stadium O unterlagerte, zeigt eine gerillte Oberfläche und blaue Färbung; diese primäre Segmentzwischenhaut wurde im Verlauf der Dehnung unter dem Segment hervorgeschoben von einer sich neu bildenden, ebenfalls blau färbaren, jedoch glatten Intersegmentalhaut, die unmittelbar aus der Ansatzstelle des Segmentes hervorgeht. An jener Stelle läßt sich nämlich bei allen der Hypertrophie unterworfenen Segmenten ein Keimplatz kleiner, in Vermehrung begriffener Hypodermiszellen feststellen (vgl. hiezu auch Abb. 3 und Text S. 6).

Hat nun ein Weibchen das Stadium II (siehe Abb. 1) erreicht, so ist es bereits unter die Hornhaut eingedrungen und liegt mit seinem Kopf dem Stratum lucidum an. Dabei treibt es diese Schicht nach innen zu vor und kann mit seinem Stechrüssel die dort liegenden subepidermalen Blutgefäße erreichen. Sein Hinterleib, an welchem der After, 4 Stigmenpaare und die Geschlechtsöffnung münden, ragen aus der Penetrationsbahn hervor, die kraterförmig geöffnet bleibt. In diesem Zustand nimmt der Körper nun rasch an Umfang zu. Die zwischen Segment 2 und 3 liegende Hypertrophiezone hat sich wulstartig vorgetrieben und umgibt den Körper wie ein «Rettungsring». Auch zwischen den Tergiten 1 und 2 sowie zwischen Tergit 1 und Sternit 1' sowie zwischen den Sterniten 2' hat sich überall der intersegmentale Abstand vergrößert.

Dieser Zustand prägt sich im Stadium III (Abb. 1) noch deutlicher aus, die Hypertrophiezone nimmt Kugelgestalt an. Der Tergit 1 hat seine ursprüngliche Lage dorsal des Thoraxsegmentes III nicht verändert, ebensowenig die beiden Sternitenpaare 1' und 2'; diese 5 Chitinstücke sehen wir deshalb bei Vorderansicht rund um den Thorax herum gruppiert. Der Tergit 2 liegt auf der dorsalen Mediane in gewissem Abstand vom Tergiten 1, und man erkennt nun, daß sich seitlich von ihm in der Intersegmentalhaut zwei halbmondförmige Chitinspangen abzuzeichnen beginnen, die seitlich nach unten verlaufen, auf der Höhe des Thorax einen Zwickel nach einwärts bilden, um sich dann wieder bogenförmig nach unten zu wenden. Das Ganze erinnert an die Umrisse eines drei-



*Abb. 1. Der Verlauf der Hypertrophie von außen gesehen.*

Oben: Das nicht hypertrophierende Männchen und ein frischgeschlüpftes Weibchen (Stadium 0).

Mitte: Hypertrophie-Stadium I und II des Weibchens, mit Detail der Intersegmentalhaut-Neubildung.

Unten: Stadium III in Vorderansicht.  
(Vergrößerung Länge Kopf—Abdomen = 36 X.)

blättrigen Kleeblattes. Es handelt sich bei diesen Spangen nicht um autochthone Segmente, sondern um neugebildete Chitinverstärkungen der Intersegmentalhaut, die sich mit Azan zunächst noch blau färben.

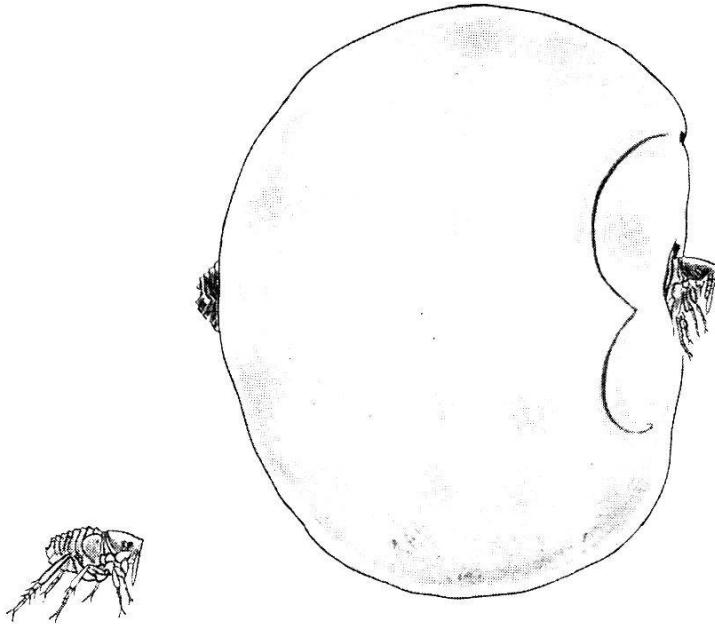


Abb. 2. Maximal hypertrophiertes Weibchen, Stadium IV; daneben Stadium 0.  
(Vergrößerung Länge Kopf—Abdomen = ca. 10 X.)

Abgesehen vom fortschreitenden Wachstum des kugeligen Gebildes lässt sich für den Uebergang vom Stadium III zum Stadium IV (Abb. 2) kein präzises, neues Merkmal der äußeren Morphologie in der Hypertrophiezone anführen, die Umänderungen sind dort, wie wir sehen werden, vielmehr innerer Art. Mit zunehmender Dehnung vergrößern sich allmählich die Entfernungen zwischen den einzelnen Segmenten und Chitinspangen; die letzteren werden in ihrem Zentrum mit Azan rot färbbar. Dagegen lassen sich im Abdomenende (Segment 3 bis 8) äußere Veränderungen erkennen. Sie beruhen in erster Linie auf einer starken Verdickung des Chitinbelages in unmittelbarer Nachbarschaft der Hypertrophiezone, ein Zustand, der schon im Stadium III einsetzte. Der so entstehende Ringwall überragt mehr und mehr den Conus der Endsegmente, die sich infolge der Spannungsverhältnisse kraterartig nach innen einsenken (vgl. Abb. 4). Dadurch wird gewährleistet, daß die auf diesen Segmenten ausmündenden Stigmen nicht von den Wucherungen der menschlichen Hornhaut überdeckt werden und daß die Atemluft durch den Kraterkanal freien Zutritt hat. Desgleichen wird so auch eine Bahn freigehalten, durch welche die Eier und Faeces nach außen abgegeben werden können. Der genannte Ringwall stellt eine Neubildung dar, analog den Chitinleisten der Vorderpartie; er ist wie diese mit Azan vorerst blau und später im Zentrum rot färbbar.

*Die Hypertrophie der inneren Organe.*

Die nachfolgende Beschreibung betrifft die Hypodermis und den damit zusammenhängenden Teil des Tracheensystems, den Darm mit den Malpighischen Gefäßen, einen Teil der Muskulatur und den Geschlechtsapparat. Nicht berücksichtigt ist das Nervensystem, der größere Teil des Tracheensystems, noch irgendwelche andere Organe.

**STADIUM I (Abb. 3).****a) *Darm und Malpighische Gefäße.***

Der Darmkanal setzt sich, wie bei andern Flöhen, zusammen aus Oesophag, Proventrikel, Mitteldarm (oder Magen) und einem ampullenförmigen Enddarm. Auf der Grenze zwischen Mittel- und Enddarm entspringen 4 Malpighische Gefäße. Der ganze Darmtraktus zeigt auf diesem Stadium eine normale Blutfüllung, wie sie bei jedem saugenden Floh beobachtet wird; sie besteht vornehmlich aus angedauten Erythrocyten und einem normalen Prozentsatz von Leukocyten. Die Malpighischen Gefäße erscheinen großzelliger, etwas dicker ( $50-70 \mu$  Durchmesser) und kürzer als sonst bei Puliciden.

**b) *Hypodermis.***

Die Hypodermis zeigt in den Thoracalsegmenten sowie in den Abdominalsegmenten 4—8 normalen Habitus. In der Hyperthrophiezone dagegen sind die Hypodermiszellen wesentlich vergrößert, besonders diejenigen, die unter der neu in Bildung begriffenen Intersegmentalhaut als Matrix funktionieren. Da wo diese Zellage in die normale übergeht, befinden sich Nester besonders kleiner Zellen, die wir als Vermehrungszonen deuten; von hier aus würde sukzessive die in der Hypertrophiezone benötigte zusätzliche Hypodermissschicht nachgeschoben.

**c) *Tracheensystem.***

Wir befassen uns hier nur mit dem im Zusammenhang mit der Hypodermis erwähnenswerten Teil des Tracheensystems. Man stellt nämlich fest, daß die oben erwähnten Matrix-Zellen der Hypertrophiezone bereits von einem immer dichter werdenden Netz feiner Tracheen unterlagert werden, deren erste tracheolenartige Verzweigungen bereits in die äußere Plasmaschicht dieser Hypodermiszellen eindringen.

**d) *Muskulatur.***

Kopf, Thorax und Abdomen weisen das für die Puliciden übliche Muskelsystem auf. Dagegen beobachtet man schon jetzt, daß

sich die abdominale Wandmuskulatur in der Hypertrophiezone abhebt. Die einzelnen Muskelfasern verdicken sich, werden gewissermaßen zu Myoblasten mit mehreren zentral gelagerten Kernen und schwach angedeuteter Querstreifung. Ihre Insertionsstellen liegen cephal in Thoraxsegment III, caudal an der Basis der Abdominalsegmente 3 und 4.

c) *Geschlechtsapparat.*

Der weibliche Genitalapparat zeigt im Vergleich z. B. zu demjenigen von *Ctenocephalides canis* folgende Unterschiede: In die beiden paarigen Eileiter münden statt 6 nur je 3 Eiröhren, ebenfalls vom panoistischen Typus. Die Eiröhren selber enthalten auf diesem Stadium noch keine reifenden Eier, sondern bestehen lediglich aus einer mit Oocyten erfüllten schlauchförmigen Keimkammer ohne Endfaden.

STADIUM II (Abb. 3).

a) *Darm und Malpighische Gefäße.*

Der Darmkanal ist beträchtlich erweitert und verlängert; er ist S-förmig gewunden und von vorne bis hinten mit in Verdauung befindlichen Blutmassen angefüllt. Im Proventrikel ist die charakteristische Bürstenstruktur verschwunden, im Mittel- und Enddarm haben sich die Epithelzellen kolbenförmig in das Lumen vorgewölbt. Die Malpighischen Gefäße sind entsprechend weiter angewachsen.

b) *Hypodermis und Tracheensystem.*

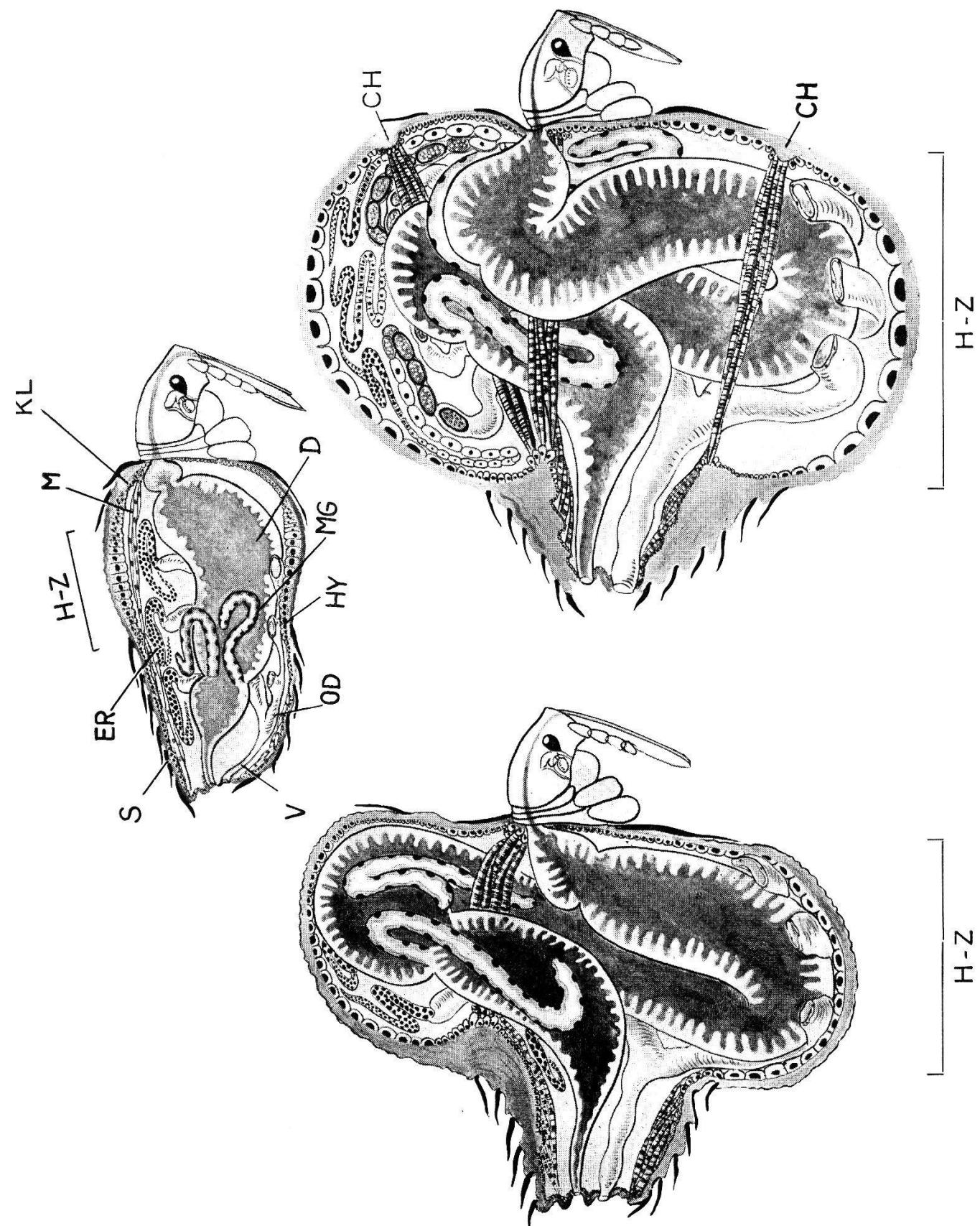
Die Matrixzellen der Hypertrophiezone haben sich weiter vergrößert, ihre Tracheolisierung nimmt zu.

c) *Muskulatur.*

Die vorher erwähnte in Abhebung begriffene Muskulatur der Hypertrophiezone hat eine sehr charakteristische Entwicklung durchgemacht. Ein zentraler Strang, der an der dorsalen Innenfläche des dritten Thoracalsegmentes ansetzt und sich durch die Körpermitte nach der Basis der Abdominalsegmente 3 und 4 erstreckt, hat sich nun deutlich differenziert und zeigt klare Querstreifung. Die Wandmuskulatur der hinteren Abdominalsegmente ist ebenfalls etwas verstärkt, jedoch noch wenig differenziert.

d) *Geschlechtsapparat.*

Hier zeigen sich, abgesehen von der Heranreifung der Oocyten in den Keimkammern der Eiröhren, keine besonderen Veränderungen.



*Abb. 3. Die Hypertrophie der inneren Organe in Stadium I bis III.*

**CH** = Chitinleisten, **D** = Darm, **ER** = Eiröhren, **HY** = Hypodermis, **H-Z** = Hypertrophe-Zone, **KL** = Keimlager der Hypodermis, **M** = Muskulatur, **MG** = Malpighische Gefäße, **OD** = Ovidukt, **S** = Segmente, **V** = Vagina. (Vergrößerung Länge Kopf—Abdomen = ca. 43 ×.)

**STADIUM III (Abb. 3).****a) Darm und Malpighische Gefäße.**

Die Hypertrophie des Darmkanals hat weitere Fortschritte gemacht, es bereitet sich die Ausbildung einer zweiten S-Schlinge vor. Im Darminhalt fällt auf, daß sich der Prozentsatz der vorhandenen Leukocyten steigert. Diese Anreicherung beruht sicher nicht auf einer geringeren Verdaulichkeit dieser Zellsorte, sondern offenbar darauf, daß der Parasit in der menschlichen Haut einen Entzündungsherd provoziert hat, in dem sich Leukocyten ansammeln. Oft sind Kopf und Thorax von Sandflohweibchen dieses Stadiums dicht mit Eiter überklebt, und so erklärt sich auch die erwähnte Zusammensetzung des Darminhaltes. Hier kann schon beigefügt werden, daß der Prozentsatz der Eosinophilen bedeutend erhöht erscheint, wobei wir allerdings noch nicht zu entscheiden wagen, ob dies allein mit der Sandflohkrankheit in Verbindung zu bringen ist, denn die untersuchten Eingeborenen leiden ja meistens noch an andern Krankheiten, die Eosinophilie zur Folge haben können.

**b) Hypodermis und Tracheensystem.**

Die Schicht der Matrixzellen ist immer noch stark in Vermehrung begriffen, deshalb sind auch die früher erwähnten Keimlager noch sichtbar. Die Hypodermiszellen der Hypertrophiezone haben auf diesem Stadium ihre maximale Entwicklung erreicht (Abb. 6). Sie sind durchschnittlich  $50 \mu$  hoch und haben einen Durchmesser von durchschnittlich  $90 \mu$ . Das periphere Plasma wird dicht von Tracheolen durchzogen, die anliegenden Tracheenästchen entspringen und frei im Plasma endigen (Abb. 6 b); zwischen den intracellulären Tracheolenendigungen und dem Chitinüberzug der Hypodermis befindet sich stets ein freier Plasmasaum. Es muß hier hervorgehoben werden, daß sowohl die Hypertrophie der Hypodermiszellen als auch ihre Tracheolisierung im Stadium II ihren Höhepunkt erreicht haben; im Endstadium IV hat sich das Bild wieder wesentlich verändert, indem dann die Hypodermis auf einen schmalen Saum zurückgegangen und die Tracheenversorgung bis auf letzte Reste verschwunden ist (Abb. 6 c). Zur Deutung dieser transitorischen Tracheolisierung sind wir vorläufig auf Vermutungen angewiesen. Es ist bekannt, daß Chitinbildung unter Luftabschluß, d. h. ohne Sauerstoffzufuhr im allgemeinen nicht möglich ist. Die Oberfläche des hypertrophierenden Sandflohkörpers ist nun aber bekanntlich allseitig vom Hautgewebe des Wirtes umschlossen, wodurch die Sauerstoffzufuhr sicher wesentlich herabgesetzt wird. Es wäre nun denkbar, daß die notwendige Chitini-

sierung der neugebildeten Intersegmentalhaut dadurch ermöglicht wird, daß die Sauerstoffzufuhr hier nun nicht direkt von außen, sondern auf dem Umweg über das Tracheensystem des Flohweibchens von innen her so lange wie notwendig bewerkstelligt wird. Das Tracheensystem steht ja, wie schon bemerkt, nur durch die 4 Stigmenpaare der hinteren Abdominalsegmente mit der Außenwelt in Verbindung.

c) *Muskulatur.*

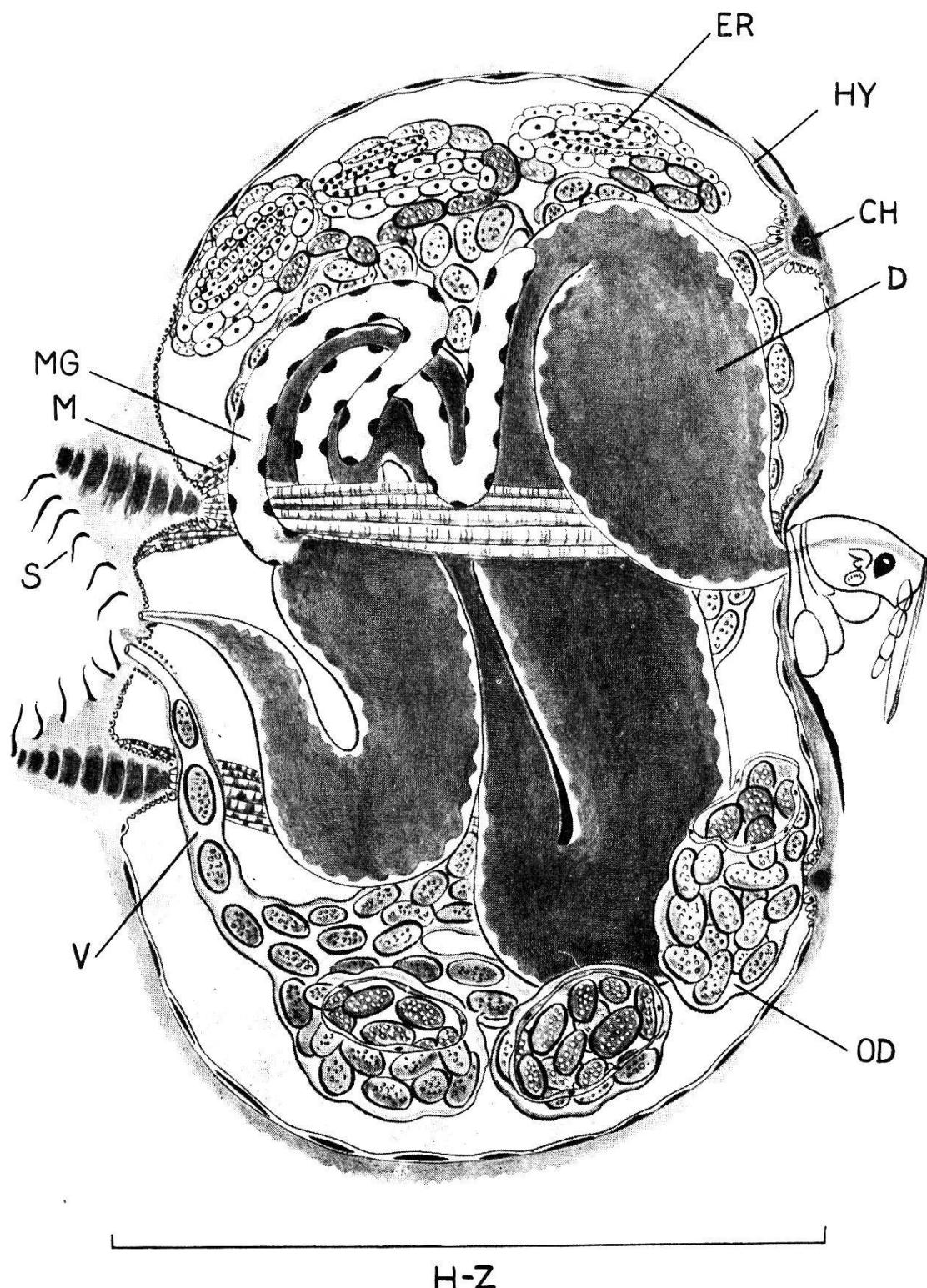
Der im Stadium II erwähnte zentrale Muskelstrang hat sich eher noch etwas verstärkt und weiter ausdifferenziert; er wird allseitig von den Darmschleifen umzogen. Diese ihrerseits sind aber von außen her umspannt von hohlzylindrisch oder körbchenartig angeordneten Muskelbändern, die cephalwärts innen an den halbmondförmigen Chitinspangen (Kleeblatt) inserieren, caudalwärts an der Chitinbasis der Abdomen-Endsegmente. Dieses «Muskelkörbchen» ist zweifellos hervorgegangen aus den im Stadium II erwähnten abdominalen Wandmuskeln. Was die Bedeutung dieser beiden, auffallend massiv entwickelten zentralen und halbperipheren Muskelsysteme anbelangt, so erscheint uns folgende Interpretation wahrscheinlich. Sie bilden in diesem zur weichen Kugel hypertrophierten Flohkörper eine Art «Innenskelett» und Festhalteapparat, indem sie dessen einzige Hartteile — die vordere Kopf-Thorax-Partie und das hintere Abdominalende — miteinander fest verbinden. Sie wirken zweifellos auch dem Binnendruck der hypertrophierten inneren Organe (Darm und Geschlechtsapparat) entgegen und spielen wohl bei der Evakuierung der Faeces und der Eier eine Rolle.

d) *Geschlechtsapparat.*

Erst auf diesem relativ vorgesetzten Stadium zeigt die Entwicklung des Ovariums gewisse Fortschritte. Diese Feststellung allein zeigt schon, daß die Hypertrophie des Sandflohweibchens sicher nicht vorschnell mit der Ueberentwicklung seiner Geschlechtsorgane in Verbindung gebracht werden darf, wie man dies aus Analogie zum Fall der Termitenkönigin zu tun versucht sein könnte.

Es zeigt sich nun, daß der Reifungsmechanismus des Eierstokkes im Vergleich zu demjenigen bei anderen Puliciden gewisse Eigenheiten aufweist. Wohl sind beidseitig anstatt 6 nur je 3 Ei-röhren vorhanden; jedoch produziert jede derselben mit jedem Reifeschub nicht nur ein, sondern an die 7 bis 10 Eier, die gleichzeitig mit Dotter und Chorion versehen in die 6 Sammelkanäle ent-

lassen werden, die zu je drei in den paarigen Ovidukt führen (Abb. 5). Im Stadium III sind allerdings die 6 Sammelkanäle noch leer und liegen eingebettet zwischen dem Muskelkörbchen und der äußeren Körperwand.



**Abb. 4.** Hypertrophie der Organe, Stadium IV. Maßstab und Abkürzungen wie Abb. 3.  
(Vergrößerung Länge Kopf—Abdomen = ca. 43 X.)

## STADIUM IV (Abb. 4).

a) *Darm und Malpighische Gefäße.*

Der Darm beschreibt nun innerhalb des Muskelkörbchens eine doppelte S-Schleife; er ist, verglichen mit Stadium I, etwa 12mal länger und 3mal weiter. Der Querschnitt der Malpighischen Gefäße ist ebenfalls etwa um das Dreifache angewachsen. Man versteht in diesem Zusammenhang auch sehr wohl den Irrtum gewisser Beobachter, die beim Sezieren reifer Tunga-Weibchen die mächtigen Malpighischen Gefäße für «Darmblindsäcke» hielten. Das Darmepithel hat sich nun wieder wesentlich verflacht. Ueber die Intensität der Verdauung und die Evakuierung der Faeces besitzen wir keine zuverlässigen Beobachtungen.

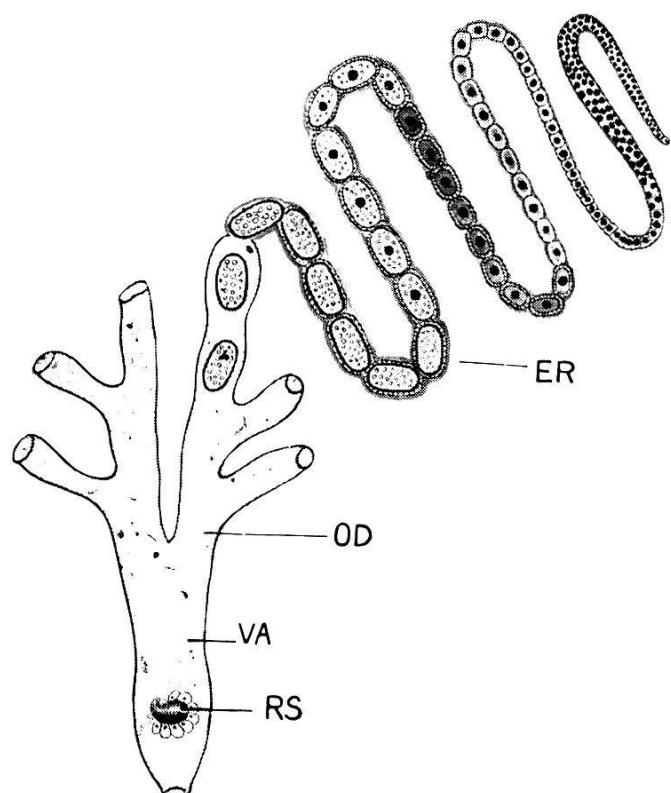


Abb. 5. Schema der weiblichen Geschlechtsorgane. Abkürzungen wie Abb. 3;  
RS = Receptaculum seminis mit Drüse.

b) *Hypodermis und Tracheensystem.*

Da in diesem Endstadium des kugelförmigen Anwachsens der Flohkörper noch eine weitere beträchtliche Dehnung erfährt, muß sich dies auch in einer flächenmäßigen Ausbreitung der Hypodermis ausdrücken. Diesmal geschieht dies jedoch nicht durch die Aktivität von Keimlagern, denn dieselben sind nicht mehr nachweisbar. Dagegen flachen sich jetzt die hohen Hypodermiszellen der Hypertrophiezone ab und gehen dabei wesentlich in die

Breite; jede einzelne bedeckt dann eine Fläche von durchschnittlich  $170 \mu$  Durchmesser, während ihre Höhe von  $50$  auf ca.  $5 \mu$  herabgesunken ist (Abb. 6 c). In diesem flachen Epithel finden sich nur noch Rudimente der Tracheolen, die offenbar nicht mehr funktionell sind.

c) *Muskulatur.*

Der zentrale Muskelstrang und das Muskelkörbchen erscheinen noch besser entwickelt, und ihre Einwirkung auf die Chitin-Ansatzstellen hat dort ebenfalls Verstärkungen im Gefolge (Azan-Rotfärbung im Ringwall und in den halbmondförmigen Chitinleisten).

d) *Geschlechtsapparat* (Abb. 5).

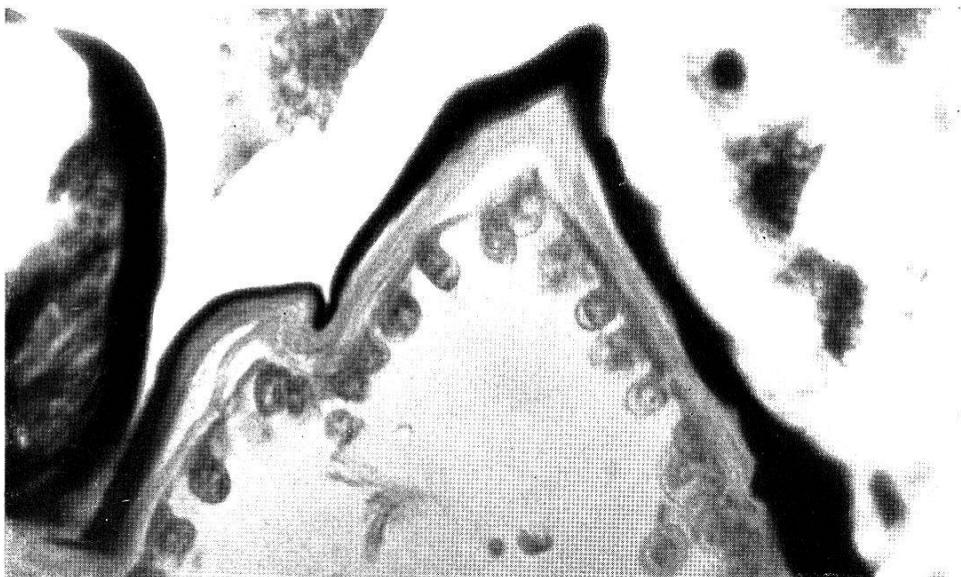
Erst jetzt hat dieser seine maximale Ausbildung und seine höchste funktionelle Phase erreicht. Die Ovariolen entlassen nun sukzessive ihre Eischübe in die Sammelkanäle, die prall mit Eiern angefüllt werden und wie 6 Apfelsinenschnitte zwischen Muskelkörbchen und Körperwand den zentralen Darmknäuel überkleiden. Jedem Sammelkanal sitzt seine spiraling gewundene Eiröhre mit Keimkammer auf.

Der erste Autor hatte in Brazzaville Gelegenheit zu beobachten, daß frisch aus der Haut extrahierte reife *Tunga*-Weibchen, wenn sie frei in einer Glasschale deponiert wurden, ihren ganzen Eivorrat von 100 bis 200 Stück in kurzer Zeit evakuierten. Unter ruckartigen Bewegungen, die zweifellos auf den beschriebenen Muskelapparat zurückzuführen sind, wurde ein Ei um das andere durch die Genitalöffnung ausgestoßen. Zuweilen geschah dies unter starkem Druck, so daß die Eier eine bogenförmige Flugbahn beschrieben und etwa in einer Distanz von 1 bis 2 cm niedergingen. Diese Eier waren stets alle befruchtet, denn es konnten Larven daraus gezüchtet werden.

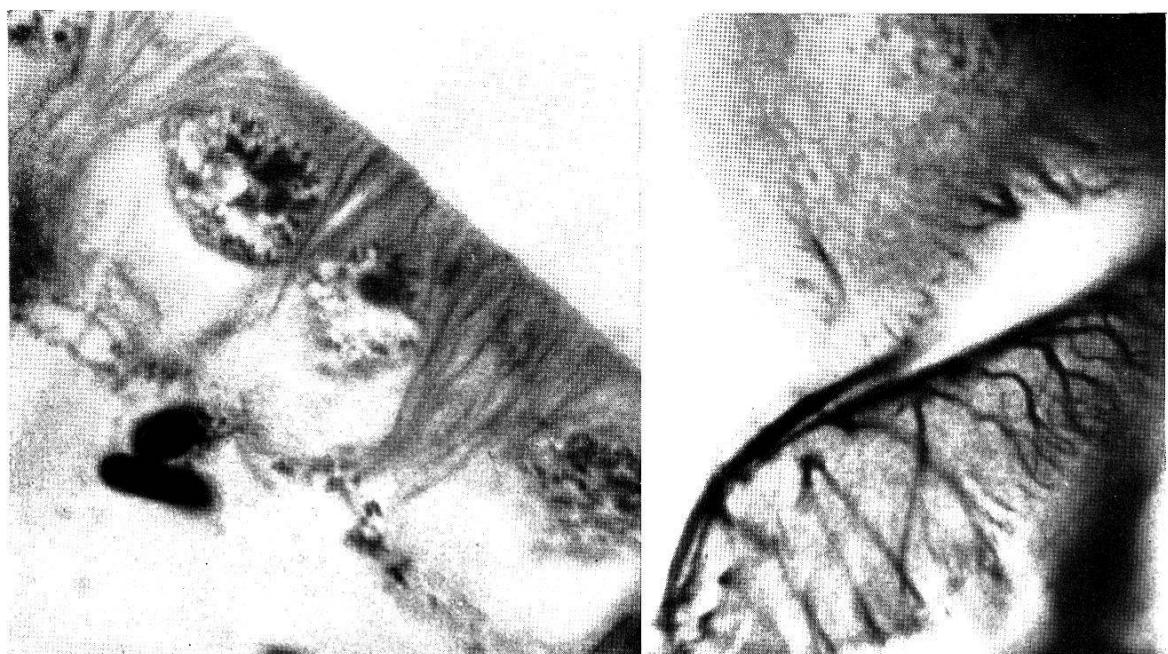
Zweifellos entspricht dies mehr oder weniger dem natürlichen Modus der Eiablage, der sich allerdings normalerweise in größeren Zeitabständen abspielen wird. Das Wesentliche dabei ist, daß die Eier durch den Evakuationskanal ausgeworfen werden können und so in den Sand, ihr natürliches Milieu, gelangen. Ueber die Befruchtung besitzen wir keine genaueren Beobachtungen, doch muß sich dieselbe im unteren Abschnitt der Vagina abspielen, in unmittelbarer Nähe des Receptaculum seminis, das wir regelmäßig mit Samen angefüllt fanden.

Ueber die Dauer der hier beschriebenen 4 Hypertrophiestadien fehlen uns zuverlässige Anhaltspunkte; wir wissen nur mit Sicherheit, daß sie sich über mehrere Wochen ausdehnen. Auch das End-

6 a



6 b



6 c

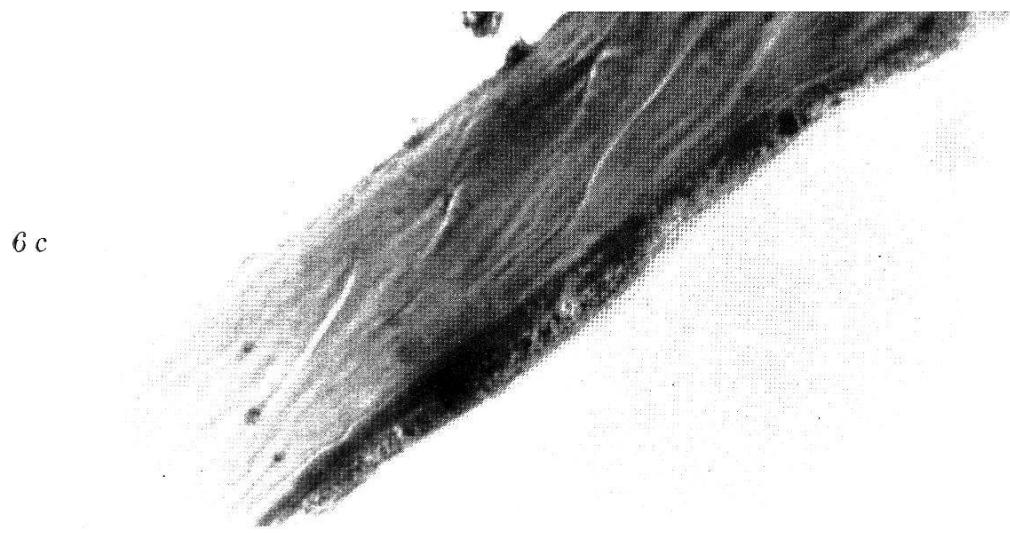


Abb. 6. Mikroaufnahmen der Hypodermis.

- a) Vor Beginn der Hypertrophie.
- b) Hypertrophierte und tracheolisierte Hypodermiszellen im Stadium III.
- c) Hypodermiszellen im Stadium IV nicht mehr hypertrophiert, stark abgeflacht, Tracheolisierung verschwunden.

schicksal eines solchen Weibchens ist noch nie beschrieben worden und dürfte unter normalen Verhältnissen auch recht schwer zu beobachten sein, da sich die Eingeborenen des Parasiten meistens durch einen geschickten Eingriff entledigen. Sicher ist, daß das alte Weibchen, wenn es seinen letzten Eivorrat abgegeben hat und nicht vorzeitig künstlich entfernt wird, unter der Haut stirbt, vielleicht dort noch eine Infektion auslöst, um eventuell später als Fremdkörper sukzessive eliminiert zu werden.

### *Zusammenfassung.*

Die Hypertrophie des in der Haut schmarotzenden Weibchens von *Tunga penetrans* wurde morphologisch und zum Teil auch histologisch untersucht. Es zeigte sich dabei, daß vom Moment des Eindringens in die Haut an 4 charakteristische Phasen unterschieden werden können, die sich gegenseitig ablösen. Der Auftakt zur Hypertrophie ergibt sich durch das Auseinanderweichen der Abdominaltergiten 2 und 3 und später der Tergiten 1 und 2 sowie der Sterniten 1' und 2'. Dies ist zurückzuführen auf eine Proliferation der Hypodermis, die in der Hypertrophiezone Riesenzellen ausbildet, welche vorübergehend in besonderer Weise mit Tracheen versorgt werden, was mit der Chitinisierung unter Luftabschluß in Verbindung gebracht wird. Diese Hypodermis ist die Matrix der neugebildeten Intersegmentalhäute.

Hand in Hand mit dieser Ausdehnung der Körperoberfläche zur Kugelform geht die Hypertrophie der inneren Organe. Sie beginnt mit dem Darmkanal und den Malpighischen Gefäßen, greift später auf einen Teil des Muskelsystems über und erfaßt erst am Schluß den Genitalapparat. Im Darminhalt finden sich zahlreiche Leukozyten, ein Ausdruck der vom Parasiten in der menschlichen Haut hervorgerufenen Entzündung. Die im Innern des Insekts entstehende besondere Muskelapparatur dient gleichzeitig zur Festigung des weichen Gebildes und zur Evakuierung der Eier und Faeces. Die Eierstöcke können, obschon ihre Eiröhrenzahl geringer ist als bei anderen Puliciden, große Mengen von reifen Eiern produzieren, da in jedem Reifeschub statt einem einzigen deren 7 bis 10 enthalten sind.

### *Literatur.*

- Enderlein, G.* Zur Kenntnis der Flöhe und Sandflöhe. Neue und wenig bekannte Puliciden und Sarcopsylliden. Zool. Jb. 14, 1900—1901, S. 549.  
*Eyssel, A.* in: C. Mense, Handbuch der Tropenkrankheiten, 1924, Bd. 1, Leipzig.  
*Fülleborn, F.* Untersuchungen über den Sandfloh. Arch. Schiffs- & Trop.hyg. vol. 12, Beih. 6, 1908, S. 265.

- Karsten, H.* Beitrag zur Kenntnis des *Rynchoprion penetrans*. *Virchows Arch.* 32, 1865, S. 269.
- Manson-Bahr, Ph. A.* *Manson's Tropical Diseases. A manual of the diseases of warm climates.* 12th edit. London 1946.
- Martini, E.* *Lehrbuch der medizinischen Entomologie.* Jena 1946.
- Patton & Cragg.* *A textbook of medical entomology.* Christian Litterat. Soc. of India. 1913.
- Strong, R.* in: *Stitt's Diagnosis, Prevention and Treatment of Tropical Diseases.* London 1945.
- Wolffhügel, K.* Die Flöhe (*Siphonaptera*) der Haustiere. *Zschr. f. Infekt. Krankh. d. Haustiere.* Vol. 8, 1910, S. 361.

### Résumé.

Une étude morphologique et histologique de l'hypertrophie de la femelle de *Tunga penetrans* amène à la conclusion qu'il y a une succession et un enchaînement très caractéristique de différentes phases.

Le début de l'hypertrophie est donné par la dilatation des zones intersegmentaires situées entre les segments abdominaux 2 et 3, puis de celles situées entre les segments 1 et 2. L'extension de ces membranes est due à une prolifération de l'hypoderme qui donne naissance, au fur et à mesure, au nouveau recouvrement chitineux.

Peu après s'effectue le remplissage successif de l'intestin avec les masses de sang ingurgitées, ceci accompagné d'un allongement et d'un élargissement progressif de cet organe ainsi que des tubes de Malpighi. On note dans le contenu intestinal un pourcentage élevé de leucocytes, le parasite ayant provoqué une inflammation locale.

Parallèlement à ce processus, se différencie un puissant système musculaire servant de soutien à l'organisme déformé et fonctionnant en même temps comme antagoniste contre la pression intérieure provoquée par l'intestin et l'ovaire. C'est à l'action de cette musculature qu'est probablement également due l'éjection des œufs mûrs.

Le développement des 3 tubes ovigères de l'ovaire gauche et droit ainsi que la maturation du nombre considérable d'œufs n'intervient qu'en dernier, c'est-à-dire, au cours de la deuxième moitié de la période d'hypertrophie.

### Summary.

A morphological and histological study of the hypertrophy of the female of *Tunga penetrans* leads to the conclusion that there is a very characteristic succession and enchainment of the different phases.

The beginning of the hypertrophy is given by the dilatation of the intersegmental zones situated between the segments 2 and 3, then of those situated between the segments 1 and 2. The extension of these membranes is due to a proliferation of the hypoderm cells which lays down progressively the cuticle.

Soon afterwards the successive filling of the intestine with the masses of absorbed blood takes place; this process is accompanied by a progressive elongation and enlargement of this organ as well as of the Malpighian tubes. In the intestinal contents a high percentage of leucocytes can be noticed, the parasite having caused a local inflammation.

Parallel with this process a powerful muscular system is differentiated which serves to support the deformed organism and which at the same time functions as an antagonist against the interior pressure brought about by the intestine and the ovary. The ejection of the ripe eggs is probably due to the action of this muscular system.

The development of the 3 ovarian tubes of the left and right ovary as well as the ripening of a considerable number of eggs take place in the last stage only, that is, during the last part of the hypertrophic period.

---