

<b>Zeitschrift:</b>	Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
<b>Band:</b>	162 (1982)
<b>Artikel:</b>	Blutverdauung bei Insekten
<b>Autor:</b>	Hecker, Hermann
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-90858">https://doi.org/10.5169/seals-90858</a>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 06.02.2026

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

# Blutverdauung bei Insekten

Hermann Hecker

## Weshalb interessieren wir uns für blutsaugende Insekten?

Haematophage Insekten saugen Blut auf Mensch und Tier. Etliche unter ihnen brauchen die proteinreiche Diät zur Deckung ihres Metabolismus (z. B. adulte Flöhe und Tsetsefliegen), andere um sich hemimetabol zu entwickeln (z. B. Läuse und Wanzen). Von weiteren Insekten sind nur die Weibchen im Zusammenhang mit der Eibildung blutsaugend (z. B. Stechmücken).

Die Einnahme von Blut stimuliert in weiblichen Stechmücken diverse zelluläre Prozesse im Mitteldarm und ermöglicht es, zellbiologische Phänomene zu induzieren und zu untersuchen (Gander et al. 1980, Hecker und Rudin 1981). Eine Reihe haematophager Arthropoden sind dank ihrer speziellen Ernährungsweise Überträger von Krankheiten (Malaria, Trypanosomiasen, Filariosen, etc.). Diese Gründe haben dazu geführt, dass sich Parasitologen mit der Blutverdauung bei Arthropoden auseinandersetzen (Lit. in Bauer 1981). Solche Untersuchungen gewinnen noch an Bedeutung, wenn man weiß, dass Verdauungsprozesse die Entwicklung von Parasiten, die mit dem Blut aufgenommen werden, beeinflussen können (Gass 1977, Freyvogel 1980).

Die Verdauung des Blutes erfolgt zur Hauptsache im Mitteldarm. In den letzten Jahren ist mit Hilfe elektronenmikroskopischer Methoden die funktionelle Morphologie dieses Darmabschnitts bei verschiedenen haematophagen Insekten bearbeitet worden (Raubwanzen: Bauer 1981, Stechmücken: Hecker 1977, Rudin und Hecker 1979, Houk und Hardy 1979, Schmetterlingsmücken: Gemetchu 1974, Rudin und Hecker 1982, Stallfliegen: Lehane 1977, Tsetsefliegen: Böhringer 1977, Brown 1980 und Flöhe: Reinhardt 1976).

## Struktur und Funktion des Mitteldarms von Stechmücken

Hier sollen die wesentlichsten Resultate betreffend Struktur und Funktion des Mitteldarms weiblicher Stechmücken kurz zusammengefasst werden. Die Hauptaufgaben des einschichtigen Darmepithels umfassen die Bildung der peritrophischen Membran (pm) im Darmlumen, Synthese und Sekretion von Verdauungsenzymen, den Abbau der aufgenommenen Nahrung sowie auch die Resorption von Verdauungsprodukten. Bei allen Mückenarten, die bisher untersucht worden sind, besteht der Mitteldarm aus einem engen, vorderen Abschnitt und einem erweiterten, hinteren Teil, der als Magen bezeichnet wird (Hecker 1977).

Die Feinstruktur des Epithels beider Mitteldarmabschnitte wurde bei verschiedenen Stechmückenarten vor der Blutaufnahme und während der Verdauung elektronenmikroskopisch untersucht. Die Einführung der Morphometrie erlaubte es, unter Verwendung stereologischer Prinzipien (Hecker und Burri 1979), zelluläre Veränderungen zu quantifizieren und mit biochemischen und physiologischen Resultaten verschiedenster Arbeitsgruppen zu korrelieren (Briegel und Lea 1975, Yeates 1980, etc.). In der Folge konnte durch den Vergleich von *Aedes*- und *Anopheles*-Mücken gezeigt werden, dass einerseits gewisse feinstrukturelle Unterschiede zwischen diesen Gattungen bestehen, andererseits aber eine recht ähnliche Grundstruktur vorliegt (Hecker 1977). Der Vergleich des vorderen mit dem hinteren Mitteldarmabschnitt verdeutlichte vor allem quantitative Unterschiede, die eine funktionelle Interpretation zuließen.

Diese Gegenüberstellungen führten zum Postulat eines in seiner Basis gemeinsamen Funktionsmodells des Stechmücken-Mitteldarms

(Hecker 1977). Demzufolge dient der vordere Abschnitt der Resorption zuckerhaltiger Lösungen, die bei beiden Geschlechtern den Grundmetabolismus decken. Da pflanzlicher Nektar zum Teil Proteasen-Inhibitoren enthält (Gooding et al. 1973), ist es sinnvoll, dass bei den Weibchen Zuckerresorption und Blutverdauung räumlich und strukturell voneinander getrennt sind. Der Magen wird als Hauptort der Blutverdauung angesehen. In diesen Darmabschnitt gelangt das aufgenommene Blut, hier wird die pm gebildet, erfolgt die Sekretion vielfältiger Verdauungsenzyme (Esterasen, Lipasen, Proteasen). Auch die Hauptresorption der Verdauungsprodukte, deren teilweise, temporäre Speicherung und ihr Weitertransport in die Haemolymph, findet wahrscheinlich im Magen statt. Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass sich die geschilderten Prozesse in Phasen gliedern, die sich zum Teil stark überlappen (Gander 1968, Briegel und Lea 1975, Rudin und Hecker 1979, Yeates 1980).

Ohne auf Einzelheiten einzutreten, möchte ich hervorheben, dass sich quantitativ morphologische Befunde mit biochemischen Daten zu funktionell-morphologischen Aussagen verbinden liessen. So konnte beispielsweise die morphometrisch ermittelte Dynamik des rauen endoplasmatischen Retikulum (rer) und der Ribosomenpopulation der Magenzellen mit der Sekretion von Verdauungsenzymen, den Proteasen, korreliert werden. Alle gemessenen Parameter zeigten einen ähnlichen, zeitlichen Verlauf während der Blutverdauung (Hecker und Rudin 1981). Injektion von  $\alpha$ -Amanitin, eines mRNA Polymerase Inhibitors, in Mückenweibchen verhinderte bei nachfolgender Blutaufnahme die Sekretion aktiver Proteasen (Fong und Fuchs 1976, Fuchs und Fong 1976), normale Verdauung, die Proliferation des rer und die Zunahme des Verhältnisses membrangebundener zu freien Ribosomen (Hecker und Rudin 1979). Dieses Experiment hat gezeigt, dass gewisse Prozesse der Verdauung bei Mücken transkriptionell kontrolliert werden.

### Experimentelle Prüfung des «Funktionsmodells»

Zur Zeit werden am Schweiz. Tropeninstitut eine Reihe von Arbeiten ausgeführt oder abgeschlossen, um experimentell das postulierte

Funktionsmodell des Mitteldarms von Stechmücken zu prüfen. Felix et al. (in Vorbereitung) untersuchen verschiedene Möglichkeiten, wie in Magenzellen der Gelbfiebermücke, *Aedes aegypti*, die Sekretion von Proteasen stimuliert wird und gehen der Frage nach, ob letztere als Proenzyme vor der eigentlichen Verdauungsaktivität bereitgestellt, oder angeregt durch die Blutaufnahme, «de novo» synthetisiert werden. Berner (1982) hat soeben eine Untersuchung der pm der Malaria-Mücke, *Anopheles stephensi*, abgeschlossen. Er konnte zeigen, dass die Bildung der pm von der Sekretion apicaler, zytoplasmatischer Sekretgrana und von der Salzkonzentration im Darmlumen abhängt. Wesentliche Unterschiede in Bildungsweise und chemischer Zusammensetzung der pm von *An. stephensi* und *A. aegypti* wurden erfasst. Die pm von *An. stephensi* enthält beispielsweise kein Chitin, im Gegensatz zu derjenigen von *A. aegypti*. In einer weiteren Arbeit wird die Resorption verschiedener Verdauungsprodukte im Mitteldarm von *An. stephensi* mittels autoradiographischer Methoden untersucht (Schneider, in Vorbereitung).

Parallel zu den Arbeiten an Mücken werden vergleichbare Untersuchungen an anderen haematophagen Insekten vorangetrieben. Damit möchten wir zum Verständnis der Funktionen des Mitteldarms verschiedener Vektoren von tropischen Krankheiten beitragen und Einblick in zellbiologische Prozesse während der Blutverdauung gewinnen.

### Beeinflusst die Verdauung die Entwicklung und Übertragung aufgenommener Parasiten?

Verdauungsprozesse könnten auch für Parasiten, die mit Blut aufgenommen werden und in den Darm gelangen, von Bedeutung sein (Freyvogel 1980). Gass (1979), Gass und Yeates (1979), Yeates und Steiger (1981) haben gezeigt, dass Enzyme im Darm von *A. aegypti* die Entwicklung eines Malaria-parasiten, *Plasmodium gallinaceum*, tatsächlich beeinflussen. Zygoten und undifferenzierte Ookineten wurden von trypsinähnlichen Proteasen zerstört. Andererseits waren differenzierte, motile Ookineten vor der Aktion des Enzyms soweit geschützt, dass sie sich durch die Zone der Verdauungsaktivität hindurcharbeiten, pm und Darmepithel durchdringen und das Haemocoel zur Weiterentwick-

lung erreichen konnten. Aus den Arbeiten von Gass wurde klar, dass die Verdauung der Mücken und die Entwicklung von *P. gallinaceum* zeitlich exakt aufeinander abgestimmt sein müssen. Falls eine Verschiebung eintritt, z. B. die Proteasenaktivität vorverlegt wird, kann sich der Parasit nicht entwickeln.

Es ist offen, wieweit solche Resultate zur Kontrolle der Übertragung der Malaria oder generell zur Bekämpfung von Krankheiten, die von Arthropoden übertragen werden, beitragen. Bevor wir in eine solche Richtung vorstossen können, müssen weitere, komplexe Wirt-Parasit-Beziehungen zwischen Überträger und Parasit erfasst werden. Deshalb scheint es mir wichtig, die Untersuchungen bei Stechmücken weiterzuführen und zu vertiefen, auf andere Arthropoden auszudehnen und auch die übertragbaren Parasiten zu bearbeiten.

## Literatur

- Bauer, P. G. 1981: Ultrastrukturelle und physiologische Aspekte des Mitteldarms von *Rhodnius prolixus* Stål (Insecta, Heteroptera). Dissertation Universität Basel.
- Berner, R. 1982: Die Bedeutung zytoplasmatischer Grana bei der Bildung der peritrophischen Membran und der Verdauungsenzyme im Mitteldarm von *Anopheles stephensi* (Liston) (Insecta, Diptera). Dissertation Universität Basel.
- Böhringer, S. 1977: Digestion in the tsetse fly: an ultrastructural analysis of structure and function of the midgut epithelium in *Glossina m. morsitans* (Machado) (Diptera: Glossinidae). Dissertation Universität Basel.
- Briegel, H., Lea, A. O. 1975: Relationship between protein and proteolytic activity in the midgut of mosquitoes. *Journal of Insect Physiology* 21, 1597–1604.
- Brown, R. P. 1980: Ultrastructure and function of the midgut epithelium in the tsetse fly *Glossina morsitans*. *Journal of the entomological Society of South-Africa* 43, 195–214.
- Fong, W. F., Fuchs, M. S. 1976: The long term effect of  $\alpha$ -amanitin on RNA synthesis in adult female *Aedes aegypti*. *Insect Biochemistry* 6, 123–130.
- Freyvogel, T. A. 1980: A propos des relations hôte/parasites entre moustiques et plasmodium. Cahiers ORSTOM, Série Entomologie médicale et Parasitologie 18, 171–176.
- Fuchs, M. S., Fong, W. F. 1976: Inhibition of blood digestion by  $\alpha$ -amanitin and actinomycin D and its effect on ovarian development in *Aedes aegypti*. *Journal of Insect Physiology* 22, 465–472.
- Gander, E. 1968: Zur Histologie und Histochemie des Mitteldarmes von *Aedes aegypti* und *Anopheles stephensi* in Zusammenhang mit der Blutverdauung. *Acta tropica* 25, 133–175.
- Gander, E. S., Schoenenberger, M. C., Freyvogel, T. A. 1980: Ribosomes and ribosome-function in the midgut cells of *Aedes aegypti*. *Insect Biochemistry* 10, 441–447.
- Gass, R. F. 1977: Einfluss der Blutverdauung auf die Entwicklung von *Plasmodium gallinaceum* (Brumpt) im Mitteldarm von *Aedes aegypti* (L.). Dissertation Universität Basel.
- Gass, R. F. 1979: The ultrastructure of cultured *Plasmodium gallinaceum* ookinete: a comparison of intact stages with forms damaged by extract from blood fed, susceptible *Aedes aegypti*. *Acta tropica* 36, 323–334.
- Gass, R. F., Yeates, R. A. 1979: In vitro damage of cultured ookinete of *Plasmodium gallinaceum* by digestive proteinases from susceptible *Aedes aegypti*. *Acta tropica* 36, 243–252.
- Gemetchu, T. 1974: The morphology and fine structure of the midgut and peritrophic membrane of the adult female, *Phlebotomus longipes* Parrot and Martin (Diptera: Psychodidae). *Annals of tropical Medicine and Parasitology* 68, 111–124.
- Gooding, R. H., Cheung, A. C., Rolseth, B. M. 1973: The digestive processes of haematophagous insects. III: Inhibition of trypsin by honey and the possible functions of the oesophageal diverticula of mosquitoes. *Canadian Entomology* 105, 433–436.
- Hecker, H. 1977: Structure and function of midgut epithelial cells in Culicidae mosquitoes (Insecta, Diptera). *Cell and Tissue Research* 184, 321–341.
- Hecker, H., Burri, P. H. 1979: Gut epithelium of insects: A variable single-layered epithelium. In: Weibel, E. R.: *Stereological methods 1: Practical methods for biological morphometry*. Academic Press, London.
- Hecker, H., Rudin, W. 1979: Normal versus  $\alpha$ -amanitin induced cellular dynamics of the midgut epithelium in females *Aedes aegypti* L. (Insecta, Diptera) in response to blood feeding. *European Journal of Cell Biology* 19, 160–167.
- Hecker, H., Rudin, W. 1981: Morphometric parameters of the midgut cells of *Aedes aegypti* L. (Insecta, Diptera) under various conditions. *Cell and Tissue Research* 219, 619–627.
- Houk, E. J., Hardy, J. L. 1979: In vivo negative staining of the midgut continuous junction in the mosquito, *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *Acta tropica* 36, 267–275.
- Lehane, M. J. 1977: Transcellular absorption of lipids in the midgut of the stablefly, *Stomoxys calcitrans*. *Journal of Insect Physiology* 23, 945–954.
- Reinhardt, C. A. 1976: Ultrastructural comparison of the midgut epithelia of fleas with different feeding behavior patterns (*Xenopsylla cheopis*, *Echidnophaga gallinacea*, *Tunga penetrans*, Siphonaptera, Pulicidae). *Acta tropica* 33, 105–132.
- Rudin, W., Hecker, H. 1979: Functional morphology of the midgut of *Aedes aegypti* L. (Insecta, Diptera) during blood digestion. *Cell and Tissue Research* 200, 193–203.
- Rudin, W., Hecker, H. 1982: Functional morphology of the midgut of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera, Psychodidae) as compared to other hematophagous Nematocera. *Tissue and Cell*, 14, 751–758.
- Yeates, R. A. 1980: The mosquito *Aedes aegypti* (L.): evidence for three new proteinases. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 61, 277–286.
- Yeates, R. A., Steiger, S. 1981: Ultrastructural damage of in vitro cultured ookinete of *Plasmodium gallinaceum* (Brumpt) by purified proteinases of susceptible *Aedes aegypti* (L.). *Zeitschrift für Parasitenkunde* 66, 93–97.

## Adresse des Autors:

Prof. Dr. H. Hecker  
Schweiz. Tropeninstitut  
Socinstrasse 57  
CH-4051 Basel