Zeitschrift: Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 18 (1940-1943)

Heft: 4-5

Artikel: Das Mitteldarmepithel der Raupe von Tineola biselliella (Kleidermotte), insbesondere sein Verhalten während der Häutung

Autor: Lotmar, Ruth

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-400906

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.07.2025

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

Das Mitteldarmepithel der Raupe von Tineola biselliella (Kleidermotte), insbesondere sein Verhalten während der Häutungen[1]).

Anhang: *Tineola biselliella* als Wirtstier einer Mikrosporidie (Gattung Nosema?).

Von
Ruth Lotmar,
Zoologische Anstalt der Universität Basel.

Inhaltsverzeichnis.

Seite
I. Einleitung 233
II. Histologie des Mitteldarmes 234
a) Freßperiode.
b) Häutungsperiode.
III. Diskussion und Vergleich mit früheren Arbeiten 243
a) Totale Epitheleerneuerung des Mitteldarmes anläßlich der Raupenhäutungen.
b) Dimorphismus des Mitteldarmepithels bei den Lepidopterenraupen.
c) Verteilung der Becherzellen.
d) Funktion und Bedeutung der Becher- und Zylinderzellen.
IV. *Tineola* als Wirtstier einer Mikrosporidie . . 246
V. Zusammenfassung 246
VI. Literaturverzeichnis 247

I. Einleitung.

Die Raupe von *Tineola biselliella* gehört in die Gruppe der ausgesprochenen Nahrungsspezialisten unter den Insekten. Sie ernährt sich von aus Keratin bestehendem Material: Wolle, Federn, Pelze usw. Es schien nun interessant, den Darmkanal der Mottenraupe, besonders den verdauenden Mitteldarm histologisch näher zu untersuchen und die Ergebnisse mit denen bei anderen Insekten zu vergleichen. — Herrn Prof. R. Geigy, Basel, möchte ich für die Anregung dieser Untersuchungen und für viele Diskussionen und Ratschläge herzlich danken.

Material und Technik. Die zu den Untersuchungen benötigten Raupen der Kleidermotte wurden mir in verdankenswerter Weise vom Biologischen Laboratorium der Firma J. R. Geigy A.-G., Basel, zur Verfügung gestellt. Von der gleichen Stelle erhielt ich auch die zur Ernährung der Tiere verwendete Zuchtwolle. Werden die Raupen bei einer Temperatur von etwa 23° C aufgezogen, so dauert ihre Entwicklung vom Ei bis zum Schlüpfen des Schmetterlings unter diesen optimalen Bedingungen etwa $2^1/_2$—3 Monate.[2] Die

[1] Ermöglicht durch die Basler Stiftung für experimentelle Zoologie.

[2] Näheres über die Zucht von *Tineola* siehe bei Geigy und Zinkernagel (1940).

Raupen wurden einzeln in kleine Glasgefäße gesetzt (Durchmesser 5 cm, Höhe 2,5 cm, eingeschliffener Glasdeckel), und in einen Thermostaten von etwa 23° C gestellt. Am Boden eines jeden Schälchens lag ein Stück Zuchtwollstoff, der mit einer Kongorotlösung getränkt worden war. So konnte an dem rot durchscheinenden Darm und den roten Kotballen jeweils geschlossen werden, ob die betreffende Raupe gefressen hatte oder nicht. (Das Kongorot wird von den Darmzellen nicht aufgenommen und passiert völlig unverändert den Darm.) Die Raupen (insgesamt mehr als 200) wurden täglich beobachtet und für jede einzelne Protokoll geführt über Freßtätigkeit, Zahl der abgegebenen Kotballen, Häutung usw.

Die zu den histologischen Untersuchungen verwendeten Raupen (annähernd 200) wurden meist in Duboscq fixiert, einige zum Vergleich in Champy und im Chromsäuregemisch nach Regaud. Bei den Spezialuntersuchungen nach Eisenfütterung oder zum Nachweis der « anorganischen Granula » wurde in 100 % Alkohol fixiert. (Näheres hierzu Seite 237.) Damit die Fixierungsflüssigkeit eindringen konnte, mußte die Raupenhaut an einer oder zwei Stellen etwas zerrissen werden. Überführung der Objekte in Paraffin durch Dioxan. Schnittdicke 5 μ, meist Querschnitte. Die Schnittserien wurden vorzugsweise mit Azan gefärbt. Zum Vergleich wurden auch Färbungen mit Hämatoxylin Böhmer-Eosin oder Eisenhämatoxylin Heidenhain gemacht. Bei den schon erwähnten Spezialuntersuchungen dienten Färbungen mit Kernechtrot oder Alaunhämatoxylin. Untersucht und gezeichnet wurden die Präparate bei einer etwa 850fachen Vergrößerung.

II. Histologie des Mitteldarmes.

Im Leben der Mottenraupe kann man (wie bei jeder anderen Raupe auch) zwei streng getrennte Perioden unterscheiden: 1. Zeiten aktiver Nahrungsaufnahme = Freßperioden; 2. Zeiten ohne Nahrungsaufnahme = Häutungsperioden. Etwa 1—$1^1/_2$ Tage vor dem Abwerfen der alten Haut hörten die Mottenraupen jeweils auf zu fressen (durchscheinender Darm, keine Kotabgabe), um etwa einen halben bis ganzen Tag nach der Häutung wieder mit der Nahrungsaufnahme zu beginnen. Die Häutungsperiode umfaßte somit etwa $1^1/_2$—$2^1/_2$ Tage. Nach der überstandenen Häutung fraßen die Raupen ohne wesentlichen Unterbruch während durchschnittlich 7—9 Tagen (rot durchscheinender Darm, ununterbrochene Abgabe von Kotballen). Unter den gegebenen Bedingungen häuteten sie sich somit alle 8—12 Tage. Für ein und dieselbe Raupe war das Häutungsintervall ziemlich konstant. Die Zahl der Häutungen bis zur Verpuppung dagegen war recht verschieden und betrug durchschnittlich 6—10 Häutungen[3]. — Die von den Raupen abgebissenen Wollfasern gelangen durch den Vorderdarm und die Valvula cardiaca in den eigentlich verdauenden Abschnitt, den Mitteldarm; wie « gefällte Baumstämme » liegen die abgebissenen Fasern meist der Länge nach im ganzen Lumen dicht hinter- und nebeneinander, durch die peritrophische Membran von den zarten Darmepithel-

[3] Ganz allgemein ist das Häutungsintervall und die Zahl der Häutungen stark schwankend und sehr abhängig von den Bedingungen, unter denen die Mottenraupen leben. Temperatur, Feuchtigkeit und Beschaffenheit der Nahrung spielen eine große Rolle (Titschak, 1, 2).

zellen getrennt. Im Verdauungsprozeß werden die Wollfasern offenbar nicht völlig aufgelöst, denn man findet in den Kotballen noch gewisse Überreste von ihnen. Die Zahl der täglich abgegebenen Kotballen war bei den einzelnen Individuen recht unterschiedlich und schwankte etwa zwischen 10—20 Stück.

Dank der Einzelbeobachtung war es möglich, die Raupen an ganz bestimmten Zeitpunkten innerhalb der beiden Perioden zu fixieren. Es wurden Raupen der verschiedensten Größe untersucht; da sich aber die entsprechenden Schnittbilder außer in der Zahl und Größe der Zellen grundsätzlich nicht voneinander unterscheiden, braucht hierauf nicht weiter eingegangen zu werden.

a) Freßperiode.

Der Mitteldarm der Raupe von *Tineola* ist ein einfaches, glattes Rohr, dessen Wand aus einem einschichtigen, auf einer Basalmembran sitzenden Epithel besteht; außen ist er von einer Muskularis umgeben. Die Valvula cardiaca, eine Ausstülpung des Vorderdarmes reicht ziemlich weit in den Mitteldarm hinein. Im Epithel sind alle drei für Lepidopterenraupen charakteristischen Zellarten zu finden: Becherzellen, Zylinderzellen und Regenerationszellen. Diese drei Zellarten sind in ganz bestimmter Anordnung im Mitteldarm verteilt (Abb. 1).

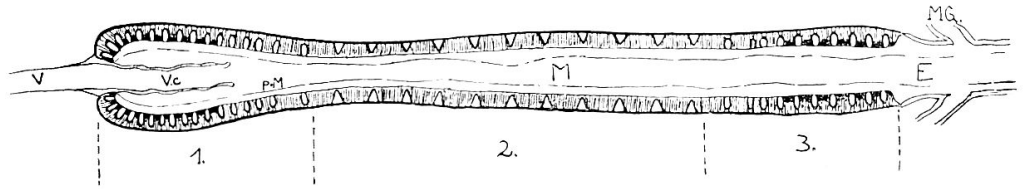

Abb. 1. Mitteldarm, Übersichtsbild. 1 und 3: Anfangs- und Endbereich des Mitteldarmes: Zahlreiche typische Becherzellen. Zylinderzellen mit «anorganischen Granulis». (Vergl. auch Abb. 3.) — 2: Mittlerer Darmbereich: Flaschenartige Becherzellen, weniger häufig. Zylinderzellen ohne «anorganische Granula». (Vergl. auch Abb. 2.) — E = Enddarm; M = Mitteldarm; MG = Malpighische Gefäße; pM = Peritrophische Membran; V = Vorderarm; Vc = Valvula cardiaca.

Im ersten und letzten Viertel des Darmes liegen zwischen den Becherzellen jeweils eine oder zwei (höchstens drei) Zylinderzellen (vergl. Abb. 3). Diese Zylinderzellen besitzen einen sehr hohen Stäbchensaum; ihre Kerne liegen etwa in der Mitte der Zelle. Die Becherzellen tragen keinen Stäbchensaum; ihre Kerne finden sich im Fußteil der Zelle. Die tiefen Becher dieser Zellen sind in ihrem Inneren durch eine charakteristische Struktur ausgezeichnet. Henson (1) nimmt für die Becherzellen von Vanessa an, daß es sich dabei um eine dem Stäbchensaum identische Struktur handle, da sie sich stets mit den gleichen Farbstoffen färbte wie der Stäbchensaum. Bei *Tineola* ergab sich dagegen bei Regaudfixiertem und mit Eisenhämatoxylin-Heidenhain gefärbtem Material

ein deutlicher Reaktionsunterschied, indem sich die Becherzellenstruktur schwarz färbte, während der Stäbchensaum der Zylinderzellen ungefärbt blieb. Hieraus darf wohl geschlossen werden, daß die beiden Bildungen, — wenn auch bis zu einem gewissen Grade ähnlich —, so doch nicht identisch sind. — An der Basis des Epithels befinden sich die kleinen Nester der Regenerationszellen. (Vergl. Abb. 4 und 9.)

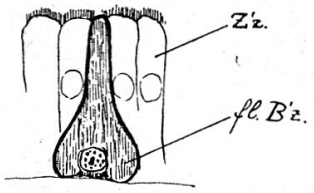

Abb. 2.
Flaschenartige Becherzelle aus dem mittleren Darmbereich (schematisch).

Der ganze mittlere Darmbereich sieht wesentlich anders aus. Die Becherzellen sind bedeutend weniger zahlreich und der dem Becher analoge Zellteil hat ein mehr oder weniger flaschenartiges Aussehen (Abb. 2). Die Zylinderzellen dieses Darmbereiches sind

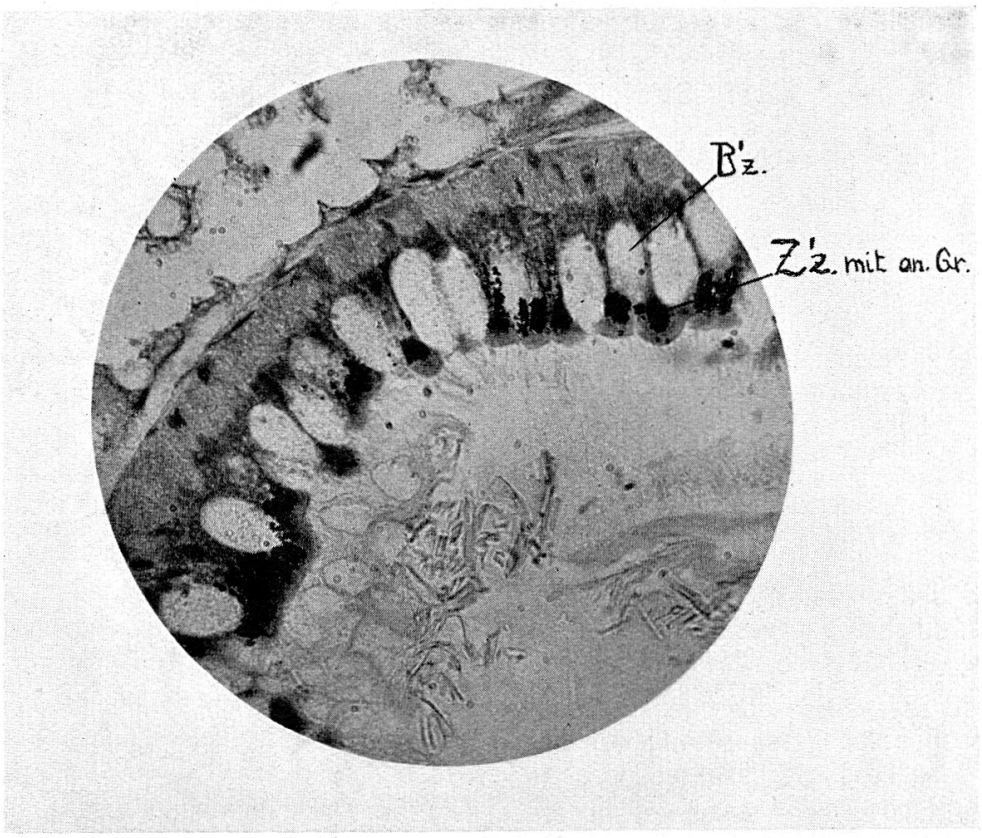

Abb. 3. Freßperiode. « Anorganische Granula » im distalen Teil der Zylinderzellen (Methode Kossa, Silberniederschlag). Hinterer Darmbereich, Querschnitt. 430× vergr. Phot. Dr. W. Staub, Liebefeld-Bern. Fix. 100 % Alk. fünf Tage nach der letzten Häutung. Färbung: Alaunhaematoxylin.

im allgemeinen etwas kleiner als die im ersten und letzten Abschnitt und tragen einen niedrigen Stäbchensaum. Ihr Kern ist meist stark dem distalen Zellende genähert. Die Nester der Regenerationszellen liegen in diesem Darmbereich weniger dicht nebeneinander.

Zwischen den typischen Becherzellen der Anfangs- und Endzone und den flaschenartigen Becherzellen der Mittelzone besteht auch ein gewisser Unterschied in ihrem physiologischen Verhalten. Es zeigte sich nämlich, daß nach ein- bis fünftägiger Eisenfütterung der Raupen (die Zuchtwolle war mit Eisenlaktat- oder Eisensaccharatlösung getränkt worden) das Eisen allein von den Becherzellen der Anfangs- und Endzone aufgenommen wurde, während die flaschenartigen Becherzellen (und übrigens auch sämtliche Zylinderzellen) frei von Eisen blieben.[4] Ich möchte hier beifügen, daß das Ergebnis dieses Eisenversuches natürlich nichts darüber aussagt, in welchen Darmzonen und von welchen Epithelzellen die normale Nahrung der Mottenraupen resorbiert wird.

Auch zwischen den Zylinderzellen der Anfangs- und Endzone und denjenigen des mittleren Darmbereiches scheinen gewisse Unterschiede zu bestehen. Es läßt sich dies daraus schließen, daß die Zylinderzellen, die am Anfang und Ende des Darmes stehen, charakteristische kleine Granula enthalten; bei den Zylinderzellen im mittleren Darmbereich sind solche Granula nicht festzustellen (Abb. 1 und 3). Die eben erwähnten farblosen bis gelblichen Granula, die besonders zahlreich im distalen Zellteil liegen, färben sich mit den üblichen Farbstoffen nicht an und lösen sich schon in schwach sauren Medien spurlos auf. Weiter scheiden sie aus Silbernitratlösung metallisches Silber ab (Methode Kossa, Abb. 3). In den genannten Eigenschaften stimmen diese Zelleinschlüsse der Zylinderzellen überein mit ähnlichen Granulis, die in den Mitteldarmzellen von Apis, Bombus und Dermestes gefunden und als Calciumcarbonat nachgewiesen worden sind (Koehler, Fyg). Über die Bedeutung der Kalkkörperchen bei diesen Insekten ist nichts bekannt. Da mir bei *Tineola* der Kalknachweis bisher nur mit der Methode Kossa gelang, nach welcher aber Verwechslungen mit anderen Basen möglich ist (Romeis, § 975), so möchte ich sie vorsichtshalber einstweilen ganz allgemein als « anorganische Granula » bezeichnen. — Bei jeder Häutung werden diese Granula mit dem alten Epithel abgestoßen; das neue Epithel ist anfänglich frei von ihnen. Kaum hat aber die Raupe begonnen zu fressen, so kann man die Einschlüsse in den Zylinderzellen in

[4] Das Eisen wurde im Schnitt mit Kaliumferrocyanid und schwacher Salzsäure als Berlinerblau gefällt. Es findet sich zuerst diffus in den Bechern, später treten dort Eisenvakuolen und Eisenkörnchen auf. Bei zwei Raupen konnte das Eisen auch im Fuß der Becherzellen und schließlich im Blut und im Herzschlauch nachgewiesen werden.

einer vorerst nur kleinen Zone im Anfang und Ende des Mitteldarmes wieder nachweisen. Im Verlaufe der Freßperiode nimmt ihre Zahl innerhalb der Zellen stark zu und auch die von ihnen besetzten Darmzonen werden größer. Verhindert man frischgehäutete Raupen daran, neue Nahrung aufzunehmen und läßt sie hungern, so findet man auch nach mehreren Tagen keine « anorganischen Granula » in den Zylinderzellen. Ihr Auftreten hängt somit offenbar von der Nahrungsaufnahme ab. Über die Bedeutung dieser Granula für die Mottenraupe läßt sich vorläufig nichts aussagen.

b) Häutungsperiode.

Der Beginn der Häutungsperiode zeigt sich, wie oben schon erwähnt wurde, äußerlich darin, daß die Raupe aufhört zu fressen. Kaum haben aber die zuletzt aufgenommenen Wollfasern den Mitteldarm passiert (in etlichen Fällen waren sogar noch einige von ihnen im Darm vorhanden), so beginnen sich die Zellen des gesamten Darmepithels — mit Ausnahme der Regenerationszellen — von der Basalmembran zu lösen (Abb. 4). Vorzugsweise im mittleren Darmbereich beobachtet man gleichzeitig bei den Zylinder-

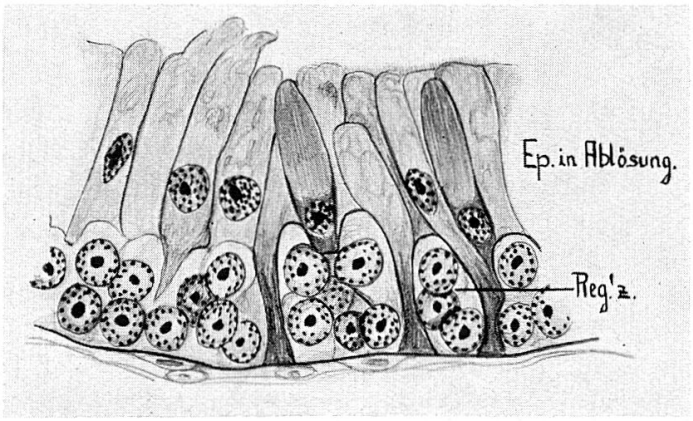

Abb. 4. Beginn der Häutungsperiode. Ablösung des Epithels von der Basalmembran. Regenerationszellen im Begriff auseinanderzuweichen. — Übergang vorderer-mittlerer Darmbereich. Querschnitt. Gezeichnet bei zirka 850facher Vergr. Fix. Duboscq. Färbung: Azan.

zellen öfters ein Abschnüren von Plasmaballen, die häufig auch den Zellkern enthalten. Diese Erscheinung steht hier offensichtlich mit der Degeneration der betreffenden Zylinderzellen in Beziehung. Die in kleinen Gruppen gelegenen Regenerationszellen weichen auseinander und bilden ein neues, vorerst ganz niedriges einschichtiges Epithel. Das alte, eben abgestoßene Epithel liegt diesem dicht auf. — Im mittleren Darmbereich findet man in diesem Stadium an ein bis

zwei Stellen öfters ein stark verengtes Darmrohr[5]. Vom alten Epithel ist nichts oder nur wenige Reste zu sehen und die Regenerationszellen liegen ziemlich ungeordnet neben- und übereinander; oft nur wenige, oft aber auch das ganze enge Lumen erfüllend. Solche Stellen können in der Folge im Wachstum und in der Differenzierung des jungen neuen Epithels etwas zurückbleiben.

Im niedrigen jungen Epithel differenzieren sich nun sofort wieder die drei für den Mitteldarm typischen Zellarten (Abb. 5): 1. Die Zylinderzellen, charakterisiert durch den in der Mitte gelegenen Kern. 2. Die Becherzellen, ausgezeichnet durch einen verhältnismäßig breiten, den Kern enthaltenden Fuß, und eine kleine Andeutung des zukünftigen Bechers. (Dieser kleine « Becher » färbt sich nach Azanfärbung blau an, so daß er sich deutlich von dem rötlichen Fußplasma und den rot gefärbten Zylinderzellen unterscheidet.) 3. Die Regenerationszellen, die vorerst noch verhältnismäßig gering an Zahl sind. Man findet vereinzelte Mitosen, die auf eine Vermehrung derselben hindeuten.

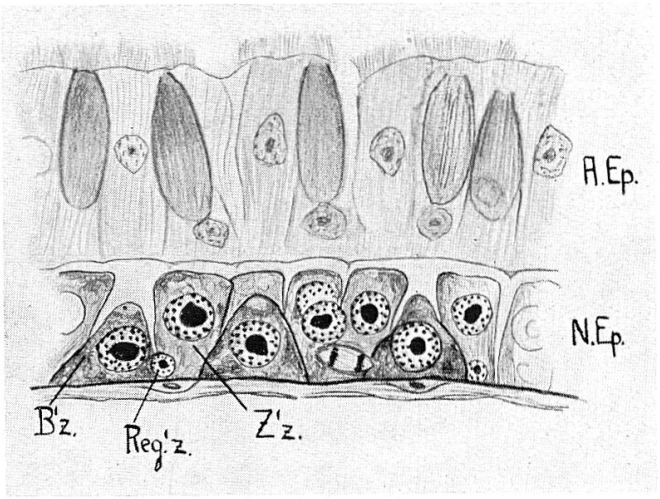

Abb. 5.
Häutungsperiode. Altes Epithel völlig gelöst von der Basalmembran. Neues Epithel schon differenziert in Becherzellen und Zylinderzellen. Vereinzelte Regenerationszellen, gelegentlich in mitotischer Teilung. — Vorderer Darmbereich. Technik wie Abb. 4.

Das junge Epithel wächst nun heran und immer deutlicher unterscheiden sich Becherzellen und Zylinderzellen (Abb. 6). Das alte Epithel liegt dem neuen weiterhin ziemlich dicht auf und die ehemaligen Zellen und Kerne lassen sich noch erkennen. Haben die jungen Zellen die endgültige Höhe erreicht, dann entsteht auf ihnen der neue Stäbchensaum. Kurze Zeit danach wird auf der ganzen Darmlänge eine neue peritrophische Membran abgeschieden, die, wie bei anderen Insekten, als eine Bildung des Stäbchensaumes aufgefaßt werden kann. Durch die Membran wird das alte degenerierende Zellmaterial vom neuen Epithel wie durch eine Scheidewand

[5] Ähnliche « enge Stellen » im Darmrohr konnten gelegentlich auch bei Raupen, die während der Freßperiode untersucht wurden, beobachtet werden. Über ihre Bedeutung und Ursache ist nichts bekannt.

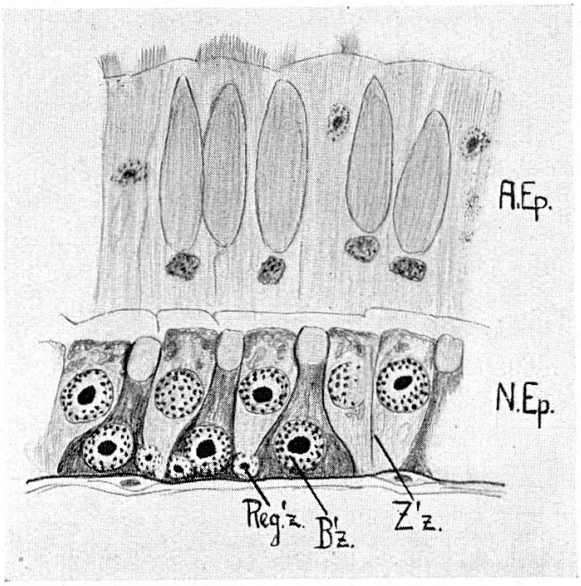

Abb. 6. Häutungsperiode. Heranwachsen des neuen Epithels. Weitere Differenzierung der Becherzellen und Zylinderzellen. — Vorderer Darmbereich. Technik wie Abb. 4.

getrennt (Abb. 7). In diesem Stadium konnte man in einigen Präparaten, besonders im ersten Darmabschnitt, eine stark einsetzende blasenartige Sekretion der Zylinderzellen beobachten. Wie die Per-

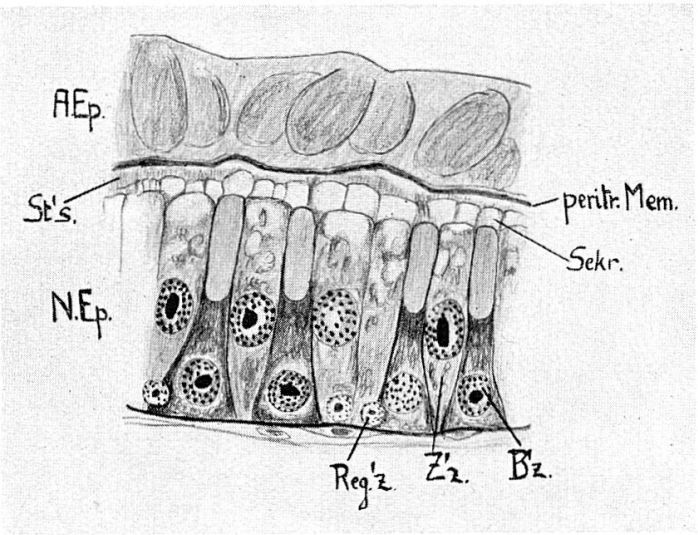

Abb. 7. Kurz vor der Häutung. Das junge Epithel hat seine normale Höhe erreicht; die Zellen tragen von neuem einen Stäbchensaum. Durch die Abscheidung einer peritrophischen Membran ist das alte vom neuen Epithel wie durch eine Wand getrennt worden. Erste Sekretion der Zylinderzellen (vermutlich im Zusammenhang mit der Bildung peritrophischer Hüllen). — Vorderer Darmbereich. Technik wie Abb. 4.

len einer Kette aneinandergereiht, liegen die kleinen, durchsichtigen Blasen, die den Stäbchensaum teils vor sich her, teils zur Seite drängen (Abb. 7) und schließlich ihren Inhalt durch Platzen entlassen. Es scheint mir wahrscheinlich, daß es sich bei dieser Blasenbildung nicht um die Ausscheidung von Verdauungssekreten han-

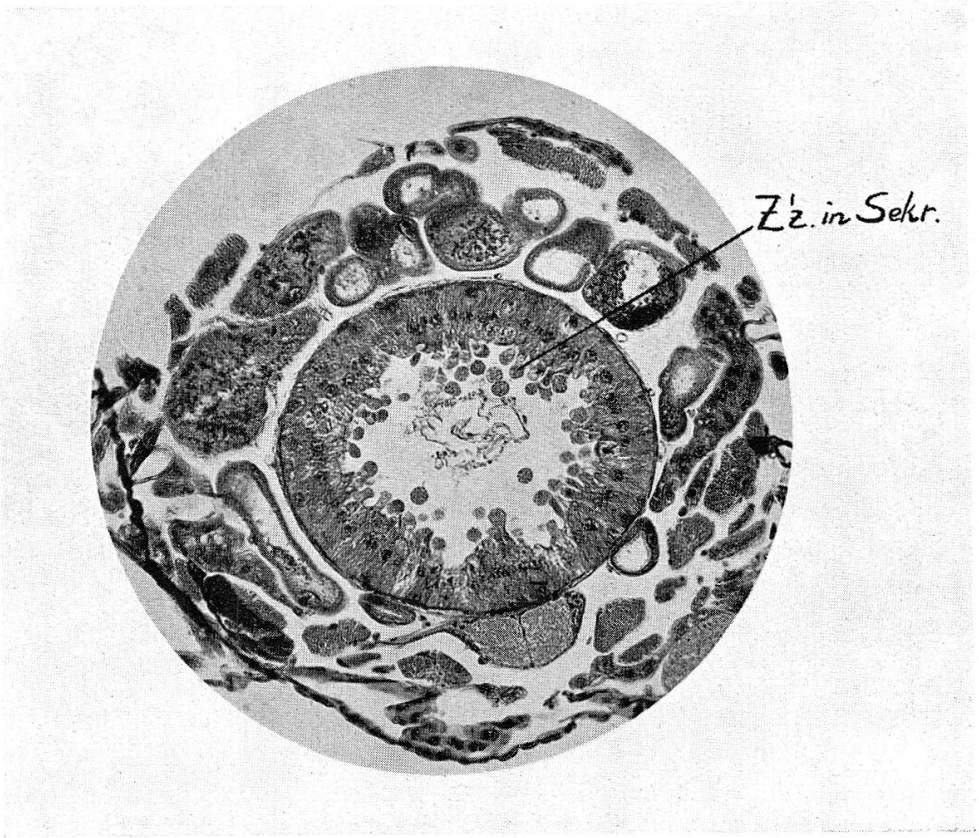

Abb. 8. Nach der Häutung vor Beginn der Nahrungsaufnahme. Zylinderzellen in starker Sekretion. (Die zwischen den Zylinderzellen liegenden flaschenartigen Becherzellen sind auf dem Bilde kaum zu erkennen.) Das alte Epithel hat den Mitteldarm bereits passiert. Im Zentrum die peritrophische Membran. — Mittlerer Darmbereich. Querschnitt. 190× vergr. Phot. Dr. W. Staub, Liebefeld-Bern. Fix. Duboscq. Färbung: Azan.

delt, sondern um Sekrete, die mit Hilfe der in den Mitteldarm hineinragenden Valvula zu einer Membran gepreßt werden. Eine solche doppelte Bildungsweise der peritrophischen Hüllen, wie sie eben geschildert wurde, würde den neuesten Anschauungen hierüber bei den Lepidopteren entsprechen (Henson, 2., Wigglesworth).

Nach der Abscheidung der peritrophischen Membran ist der Zeitpunkt gekommen, wo die Raupe ihre alte Haut und die Kopfkapsel abwirft. Die Raupe beginnt aber nicht gleich danach wieder

mit der Nahrungsaufnahme, sondern verharrt noch mehrere Stunden bis zu einem Tag in völliger Ruhe. Während dieser Zeit gelangen die Überreste des ehemaligen Epithels in das Rektum und liefern den ersten nach der Häutung abgegebenen Kotballen[6]. Solche Häutungskotballen besitzen eine etwas andere Konsistenz als die während der Freßperiode abgegebenen Ballen, welche noch Überreste der aufgenommenen Wollfasern enthalten. Bei meinen auf Kongorot-Wolle gehaltenen Raupen unterscheiden sie sich außerdem sehr auffallend durch ihre weiß-gelbliche Farbe von den gewöhnlichen, rot gefärbten Kotballen.

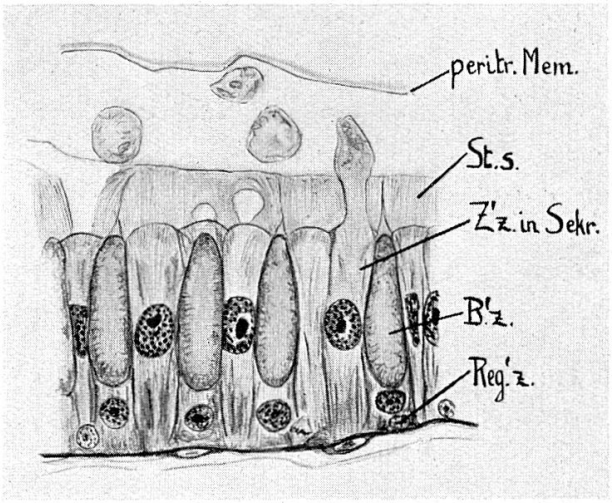

Abb. 9.
Beginn der Freßperiode.
Erste Nahrungsaufnahme nach der Häutung. Die Becherzellen haben sich weiter vertieft und weisen die charakteristische Struktur im Innern des Bechers auf. Zylinderzellen in Sekretion. (Die Wollfasern im Darmlumen sind nicht eingezeichnet.) Vorderer Darmbereich. Technik wie Abb. 4.

Kurz nach der Häutung, also schon vor der Aufnahme neuer Nahrung, treten die Zylinderzellen im ganzen Mitteldarm in ein ausgesprochenes Sekretionsstadium. Im mittleren Darmbereich ist die Abschnürung der kugeligen Sekretballen besonders stark (Abb. 8). Zwischen der Membran und dem Darmepithel liegen eine große Zahl abgestoßener oder sich abschnürender Plasmaballen. Die Sekretion ist merokrin. Die abgestossenen Sekretkugeln verschwinden jeweils fortlaufend wieder, offenbar weil sie sich verflüssigen; erst die gelösten Verdauungssekrete können durch die peritrophische Membran diffundieren und so zu der aufgenommenen Nahrung gelangen. Die eben geschilderte ballenförmige Sekretion der Zylinderzellen kann in gleicher Stärke noch während des ersten Freßtages anhalten; an den späteren Tagen der Freßperiode ist sie im selben Ausmaße im allgemeinen nicht mehr zu beobachten und kann zeitweise sogar ganz verschwinden.

An den Becherzellen der Anfangs- und Endzone haben sich die Becher weiter vertieft und im Inneren derselben tritt die charakteristische Struktur von neuem in Erscheinung (Abb. 9). Haben die Becher ihre endgültige Größe erreicht (zu Anfang der Freßperiode),

[6] In selteneren Fällen werden auch zwei Häutungskotballen abgegeben.

so werden die zwischen ihnen liegenden Zylinderzellen stark zusammengepreßt, so daß nur die Basis und der die Becherzellen etwas überragende distale Zellteil seine ursprüngliche Breite behält (vergl. Abb. 3). Im mittleren Darmbereich dagegen, wo sich die flaschenartigen Becherzellen befinden, sind diese oft nur noch schwer zu erkennen, da sie sich in der Färbung kaum von den Zylinderzellen unterscheiden.

Die Lebensfähigkeit des Epithels, dessen Bildung und Heranwachsen wir eben geschildert haben, ist verhältnismäßig nur kurz. Zu Beginn der nächsten Häutungsperiode, also etwa eine Woche später, wird es schon wieder abgestoßen und von neuem durch ein junges Epithel ersetzt.

III. Diskussion und Vergleich mit früheren Arbeiten.

a) Totale Epitheleerneuerung des Mitteldarmes anläßlich der Raupenhäutungen.

Mit *Tineola biselliella* ist ein weiterer Vertreter unter den Insekten bekannt geworden, welcher kurz vor jeder Larvenhäutung das gesamte Mitteldarmepithel abstößt und von den Regenerationszellen her durch ein neues Epithel ersetzt. Eine solche totale Epitheleerneuerung im Mitteldarm anläßlich der Raupenhäutungen wurde erstmals von Sommer (1885) für *Macrotoma plumbea* beschrieben, und konnte später von verschiedenen anderen Autoren für weitere Collembolen bestätigt werden. Unter den hemimetabolen Insekten fand Weyer (1935, 1936) eine totale Epitheleerneuerung bei den Termiten und der Küchenschabe *Phyllodromia germanica*. Bei den holometabolen Insekten sind als Vertreter der totalen Epitheleerneuerung bekannt geworden: Coleopteren: *Anthrenus, Dermestes* (Möbusz 1897, Braun 1911); Dipteren: *Psychoda* (Hasemann 1910); Lepidopteren: *Bombyx* (Verson 1897), *Galleria, Achroia* (Tchang Yung Tai 1928/29), *Tineola* (Lotmar 1940).[7]

Unter den Lepidopteren (und wohl auch bei anderen Insektenlarven) lassen sich somit zwei Gruppen unterscheiden: 1. Raupen, bei denen jede Häutung mit einer totalen Erneuerung des Mitteldarmepithels verbunden ist, wie bei *Bombyx, Galleria, Achroia* und *Tineola*. Im einzelnen bestehen bei diesen vier Raupen hinsichtlich der Epitheleerneuerung gewisse Unterschiede. 2. Raupen, bei denen keine totale Epitheleerneuerung stattfindet. Als Vertreter dieser Gruppe können genannt werden: *Deilephila, Hyponomeuta* (Deegener 1909, Braun 1911), *Vanessa* (Henson 1930). Bei

[7] Weyers Auffassung, wonach die totale Epitheleerneuerung besonders den ametabolen und hemimetabolen Insekten zukomme, ist wohl nicht zutreffend.

diesen Raupen werden dem alten Epithel von den Regenerationszellen her bei jeder Häutung neue Zellen in großer Zahl hinzugefügt, wodurch das Wachstum des Mitteldarmes gewährleistet wird.

b) Dimorphismus des Mitteldarmepithels bei den Lepidopterenraupen.

Seit der Entdeckung der Becherzellen im Mitteldarm gewisser Insekten, die offenbar auf die Untersuchungen von Leydig (1883) zurückgeht,[8] wurde die Frage, ob die Becherzellen alte, am Ende ihrer Funktionstätigkeit stehende Zylinderzellen seien, oder ob es sich dabei um eine selbständige Zellart handle, häufig bearbeitet und diskutiert. Der ersten Ansicht sind, um nur einige Autoren zu nennen, Verson (1897), Shinoda (1926), Buchmann (1928). Die zweite Ansicht dagegen vertreten z. B. Braun (1911), Tchang Yung Tai (1928/29), Henson (1930).

Meine Beobachtungen an *Tineola* sprechen eindeutig für einen Dimorphismus der Mitteldarmepithelzellen (vergl. Abbildungen 5, 6, 7). Die Beobachtung der Neubildung des gesamten Epithels im Mitteldarm kurz vor jeder Häutung bot einen besonders günstigen Anlaß zur Entscheidung dieser Frage. (Ähnlich wie bei *Galleria* und *Achroia*, Tchang Yung Tai 1929). So scheint mir, daß heute für Lepidopterenraupen diese Frage ganz allgemein dahin beantwortet werden kann, daß Becherzellen und Zylinderzellen zwei verschiedene Zellarten sind. Ob das gleiche auch für die gelegentlich bei anderen Insekten vorkommenden Becherzellen gilt, muß ich vorläufig dahingestellt sein lassen.

c) Verteilung der Becherzellen.

Bei den verschiedenen Lepidopterenraupen bestehen hinsichtlich der Anordnung und Verteilung der Becherzellen im Mitteldarm offenbar gewisse Unterschiede. So scheinen beispielsweise bei *Deilephila* (Deegener 1909), *Galleria* (Tchang Yung Tai 1929) und *Vanessa* (Henson 1930) die Becherzellen ziemlich gleichmäßig über den ganzen Mitteldarm verstreut zu sein. Bei *Pyrausta* seien sie in der Mitte und im hinteren Darmabschnitt zahlreicher vorhanden (Buchmann 1929), bei *Dictyoploca japonica* und anderen Lepidopteren dagegen besonders zahlreich im vorderen Darmabschnitt (Shinoda 1926). Bei *Tineola* endlich finden sich die typischen Becherzellen allein im ersten und letzten Viertel des Mitteldarmes. Im mittleren Darmbereich sind nur die weniger dicht beieinanderstehenden, flaschenartigen Becherzellen vorhanden.

[8] Zitiert nach Tchang Yung Tai 1929.

d) Funktion und Bedeutung der Becher- und Zylinderzellen.

Über die Bedeutung der Becherzellen und Zylinderzellen bei den Lepidopterenraupen weiß man nichts Genaueres. Übereinstimmend konnte von den verschiedenen Autoren ein Sezernieren der Zylinderzellen beobachtet werden. Was eine Sekretion der Becherzellen betrifft, so sind die Meinungen hierüber geteilt. Bei *Tineola* konnte ich gelegentlich während der Freßperiode ein Austreten einzelner Blasen aus den Becherzellen beobachten; ob es sich aber dabei um Verdauungssekrete handelt, ist natürlich nicht entschieden.

Am auffallendsten ist die ballenförmige Sekretion der Zylinderzellen[9]. Sie setzt, wie dies oben ausgeführt wurde, kurz nach der Häutung ein und kann in vermindertem Maße — mit Unterbrechungen — bis gegen Ende der Freßperiode beobachtet werden. Diese Sekretion der Zylinderzellen ist merokrin, der Zellkern wird (abgesehen von wenigen Ausnahmen) nicht mit den Plasmaballen abgestoßen. Kurz vor der Häutung, im Zusammenhang mit der totalen Epitheleerneuerung, kann man dagegen öfters in den abgeschnürten oder sich eben abschnürenden Zellteilen auch den Zellkern finden. Hier handelt es sich aber sicher nicht mehr um Sekretion, sondern offenbar um den Beginn des Zellzerfalles. Tchang Yung Tai vertritt auf Grund seiner Untersuchungen an *Galleria* die Ansicht, daß alle ballenförmigen Zellabschnürungen, gleichgültig, ob der Kern darin enthalten ist oder nicht, allein mit dem Degenerieren der betreffenden Epithelzellen zusammenhängen. Auch Henson hält die ballenförmigen Zellabschnürungen im Epithel von *Vanessa* für den Beginn eines Zellzerfalles. Auf Grund der Beobachtungen bei *Tineola* scheint mir nun, daß man solche ballenförmigen Abschnürungen wohl weder ausschließlich als Zeichen einer Sekretion, noch auch ausschließlich als Zeichen einer Zelldegeneration auffassen darf; es können vielmehr offenbar — je nach den Umständen — die beiden äußerlich sehr ähnlichen oder sogar gleichartigen Erscheinungen eine verschiedene Ursache und Bedeutung haben. Würde man nämlich bei *Tineola* die ballenförmige Sekretion der Zylinderzellen einzig als Zeichen eines Zellzerfalles auffassen, so wäre man gezwungen anzunehmen, daß die Zylinderzellen, kaum daß sie entstanden sind (anläßlich jeder Häutung), zum großen Teil kurz darauf schon wieder zugrunde gehen; denn die merokrine Sekretion der Zylinderzellen setzt ja, wie wir sahen, alsbald nach der Neubildung des Epithels ein. Eine solche Auffassung (wie sie übrigens von Tchang Yung Tai bei *Galleria* vertreten wird) scheint mir ziemlich unwahrscheinlich zu sein.

[9] Die Zylinderzellen können während der Freßperiode gelegentlich auch andersgeartete Sekrete in Form kleiner Kügelchen oder Bläschen abgeben.

In welchem Darmbereich und von welchen Zellen bei *Tineola* die aufgeschlossene Nahrung resorbiert wird, ist vorläufig unbekannt. Bei anderen Lepidopterenraupen werden die Zylinderzellen dafür verantwortlich gemacht.

IV. Tineola biselliella als Wirtstier einer Mikrosporidie.

Ein gewisser Prozentsatz der von mir untersuchten Raupen von *Tineola* war jeweils von einem Parasiten befallen. Es handelt sich dabei um eine Mikrosporidie, vermutlich der Gattung *Nosema*. Mikrosporidien sind sehr häufige Insektenparasiten; allein unter den Lepidopteren sind bis heute schon über 30 Arten als Wirtstiere derselben gefunden worden. (K u d o 1914, S c h w a r z 1929). In *Tineola biselliella* konnte nun ein weiterer, meines Wissens bisher nicht bekannter Wirt einer solchen Mikrosporidie aufgezeigt werden. Da ich mich im Zusammenhang mit meinen oben mitgeteilten Untersuchungen vorläufig nicht näher mit dem Parasiten befaßt habe, kann ich nicht entscheiden, ob es sich dabei um eine für *Tineola* spezifische Art handelt. — Der Parasit kann s ä m t l i c h e Organe und Gewebe der Raupe von *Tineola* befallen (Abb. siehe bei G e i g y und Z i n k e r n a g e l 1940). Am seltensten und am wenigsten zahlreich wurde er jeweils im Epithel des Mitteldarmes gefunden. Es ist dies leicht verständlich, weil ja das Epithel bei jeder Häutung abgestoßen und durch ein neues, ursprünglich gesundes Epithel ersetzt wird.

Es scheint, als ob schon vor bald 30 Jahren P. P o r t i e r (zitiert nach B u c h n e r, S. 391 und 664) den eben beschriebenen Parasiten bei der Kleidermotte (und auch bei der Wachsmotte) gefunden hat, ihn aber nicht als solchen erkannte und als Symbionten deutete.

V. Zusammenfassung.

1. Bei der Raupe von *Tineola biselliella* wechselte unter den gegebenen Bedingungen eine Freßperiode von durchschnittlich 7—9 Tagen ab mit einer Häutungsperiode, die $1^1/_2$—$2^1/_2$ Tage dauerte. Die Raupen häuteten sich bis zur Verpuppung etwa 6—10mal.

2. Kurz vor jeder Raupenhäutung wird das gesamte Mitteldarmepithel abgestoßen und von den Regenerationszellen her durch ein neues Epithel ersetzt.

3. Die Becherzellen und Zylinderzellen sind zwei verschiedene Zellarten. Dies konnte bei der Neubildung des Epithels anläßlich jeder Häutung klar erkannt werden.

4. Im Mitteldarm von *Tineola* kann man verschiedene Zonen unterscheiden. Im ersten und letzten Viertel des Darmes finden sich die typischen Becherzellen in großer Zahl; zwischen ihnen stehen

die Zylinderzellen, die durch einen sehr hohen Stäbchensaum ausgezeichnet sind. Im mittleren Darmbereich dagegen treten die Becherzellen an Häufigkeit stark zurück. Sie haben eine flaschenartige Form und fallen wenig auf zwischen den Zylinderzellen; diese tragen einen niedrigen Stäbchensaum.

5. Die Becherzellen und Zylinderzellen des Anfangs- und Endabschnittes unterscheiden sich noch in anderer Hinsicht von den Zellen des mittleren Darmbereiches: die Becherzellen in ihrem Verhalten gegenüber Eisensalzen; die Zylinderzellen in bezug auf das Auftreten der « anorganischen Granula ».

6. In *Tineola biselliella* ist ein neuer Wirt einer Mikrosporidie (Gattung Nosema?) aufgefunden worden. Es können sämtliche Organe und Gewebe der Raupe von dem Parasiten befallen sein.

VI. Literaturverzeichnis.

1911. Braun, M.: Das Mitteldarmepithel der Insekten-Larven während der Häutung. Diss. Berlin.

1928. Buchmann, W.: Zur Ernährung normaler und hungernder *Pyrausta*-Raupen. Zoolog. Anz., Bd. 79.

1930. Buchner, P.: Tier und Pflanze in Symbiose. 2. Aufl. Berlin.

1909. Deegener, P.: Beiträge zur Kenntnis der Darmsekretion. 1. *Deilephila euphorbiae*. Arch. f. Nat.gesch., Jahrg. 75.

1932. Fyg, W.: Untersuchungen über die Kalkkörperchen im Bienendarm. Schweiz. Bienenzeitung.

1940. Geigy, R. und R. Zinkernagel: Beobachtungen beim Aufbau einer technischen Großzucht der Kleidermotte *(Tineola biselliella)*.

1910. Hasemann, L.: The Structure and Metamorphosis of the Alimentary Canal of the Larva of *Psychoda alternata*. Ann. Entom. Soc. America. Vol. 3.

1930. Henson, H. 1.: On the Development of the Mid-Gut in the Larvae Stages of *Vanessa urticae* (Lepidoptera). Quart. J. Micr. Sci., Vol. 73.

1931. — 2.: The Structure and Post-Embryonic Development of *Vanessa urticae* (Lepidoptera). Quart. J. Micr. Sci., Vol. 74.

1920. Köhler, A.: Über die Einschlüsse der Epithelzellen des Bienendarmes und die damit in Beziehung stehenden Probleme der Verdauung. Zeitschr. f. angew. Entom., Bd. 7.

1924. Kudo, R.: A Biologic and Taxonomic Study of the Microsporidia. Univ. of Illinois.

1883. Leydig: Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn.

1897. Möbusz, A.: Über den Darmkanal der *Anthrenus-Larve* nebst Bemerkungen zur Epithelregeneration. Arch. f. Nat.gesch., Bd. 63.

1932. Romeis, B.: Taschenbuch der mikroskopischen Technik. 13. Aufl.

1929. Schwarz, I.: Untersuchungen an Mikrosporidien minierender Schmetterlingsraupen, den « Symbionten » Portiers. Zeitschr. Morph. Oekol. Tiere. B. 13.

1926. Shinoda, O.: Contributions to the knowledge of the intestinal secretion of Insects I. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imper. Univ., Vol. 2.

1885. Sommer, A.: Über *Macrotoma plumbea*. Beiträge zur Kenntnis der Poduriden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 41.

1929. Tchang Yung Tai: Recherches sur l'histogenèse et l'histophysiologie de l'épithélium de l'intestin moyen chez un lépidoptère *(Galleria mellonella)*. Suppl. Bull. Biol. France et Belg.[10]

1922. Titschak, E. 1.: Beiträge zu einer Monographie der Kleidermotte, *Tineola biselliella*. Zeitschr. techn. Biol. Bd. 10.

1926. — 2.: Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung. II. *Tineola biselliella* Hum. Gleichzeitig ein Beitrag zur Klärung der Insektenhäutung. Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 128.

1897/98. Verson, E.: La evoluzione del tubo intestinale del filugello. Atti del R. Ist. Veneto di Sc. Let. ed Arte. Tome 8.[11]

1935. Weyer, F. 1.: Epithelerneuerung im Mitteldarm der Termiten während der Häutung. Zeitschr. Morph. Oekol. Tiere. Bd. 30.

1936. — 2.: Regenerationsvorgänge am Mitteldarm der Insekten. Verh. deutsch. zoolog. Ges.

1939. Wigglesworth, V. B.: The Principles of Insect Physiology. Methuen & Co. Ltd., London.

Abkürzungen zu den Abbildungen 2—9.

an. Gr. . . = « anorganische Granula »
B'z. . . . = Becherzellen
fl. B'z . . . = flaschenartige Becherzellen
Reg'z . . . = Regenerationszellen
Z'z . . . . = Zylinderzellen
Ep. . . . . = Epithel
A. Ep. . . . = Altes Epithel
N. Ep. . . . = Neues Epithel
Peritr. Mem. = peritrophische Membran
Sekr. . . . = Sekretion.

[10] Kurze Mitteilungen über das gleiche Thema: 1928, Bull. Soc. Zool. France. 1928, C. R. Soc. Biol.

[11] Deutsche Zus.: 1897, Zool. Anz. Ausführliche Mitteilung zum selben Thema, deutsch: 1905, Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 82.