

# Ueber Bau und Thätigkeit des Verdauungskanals der Larve des *Tenebrio molitor* mit Berücksichtigung anderer Arthropoden.

Von *Dr. Joh. Frenzel.*

(Taf. V.)

Obgleich schon früher zahlreiche Untersuchungen am Verdauungskanal der wirbellosen Thiere angestellt sind, so ist man doch erst in neuerer Zeit dazu gelangt, den anatomischen und histologischen Beschreibungen physiologische Beobachtungen und Experimente anzureihen, um durch Vereinigung dieser beiden Untersuchungsarten die Funktion der betreffenden Organe zu ergründen. — Da die Verdauung zum grössten Theil auf chemischen Vorgängen beruht, so ist gerade in Betreff der Verdauungsfragen das Experiment von hervorragender Bedeutung, denn dasselbe ist das erste Hilfsmittel der Chemie. Wie richtig dieser Grundsatz ist, und welche Folgen die Vernachlässigung desselben nach sich zieht, zeigen die Irrthümer, zu denen man sich früher verleiten liess, als man nur auf die anatomischen Verhältnisse der Verdauungsorgane Rücksicht nahm. — So schlossen ältere Autoren häufig aus einer nur scheinbaren und nicht einmal allgemeinen Homologie des Verdauungssystems der wirbellosen Thiere auch auf eine physiologische Analogie desselben mit dem der Wirbelthiere, indem sie namentlich die längst bekannten menschlichen Verhältnisse und Thatsachen ihrer Anschauung zu Grunde legten. Es wurde daher der Darmkanal der Insekten in dieselben Abschnitte eingetheilt wie der des Menschen oder der höheren Thiere, und noch Burmeister spricht in seinem ausgezeichneten „Handbuch der Entomologie“<sup>1)</sup> von einem Insektenmagen und Blinddarm, von einer Leber u. s. w. Auch Basch<sup>2)</sup> gebraucht noch 1858 theilweise diese Bezeichnungen bei der *Blatta orientalis*.

Es war besonders Gegenbaur,<sup>3)</sup> welcher mit Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte den Verdauungstraktus der Arthropoden in drei stets vorhandene und scharf getrennte Darmabschnitte eintheilte, von denen sich der eine oder der andere Abschnitt häufig differenziren kann. Genauer drückt dies Gegenbaur wie folgt aus: „die erste mit dem Munde zusammenhängende Strecke bildet eine zur Einleitung der Nahrung dienende Speiseröhre, denn erst der folgende meist erweiterte oder mit Blindsäcken ausgestattete Abschnitt ist die eigentlich verdauende Cavität,

der meist als Magen bezeichnet wird, eine Benennung, die nicht immer die gleichwerthigen Abschnitte trifft. — Der Endtheil des ganzen Apparates besorgt weitere Veränderungen der Nahrungsstoffe sowie die Ausleitung der Speisereste durch den After. Mit dieser Differenzirung des Darmrohrs in einzelne ungleichartige Abschnitte ist die bedeutendste Complication gegeben, welcher fernere Differenzirungen untergeordnet sind. Drei Strecken sind von da an als Vorderdarm, Mitteldarm und Enddarm unterscheidbar.“

Gegenwärtig ist diese Bezeichnungsweise eine allgemein übliche geworden und in allen neueren Arbeiten über diesen Gegenstand berücksichtigt, sei es, dass diese Arbeiten einen mehr anatomisch-histologischen oder mehr chemisch-physiologischen Charakter tragen. — Aus verhältnismässig älterer Zeit stammen die oben angeführten Untersuchungen Basch's, welcher bemerkenswertherweise bei *Blatta orientalis* in den Speicheldrüsen ein peptisches Sekret fand und im „Chylusmagen“ (Mitteldarm) zweierlei Arten von Zellen beschrieb. Nach einer längeren Pause, welche auf diese Untersuchungen folgte, haben eine grosse Anzahl von Veröffentlichungen stattgefunden, unter denen namentlich diejenigen Plateau's <sup>4)</sup> zu nennen sind. Wiewohl diese Untersuchungen Plateau's, welcher Repräsentanten aus allen Klassen der Hexapoden, Myriapoden und Arachnoiden in Betracht zog, einen mehr histologischen Charakter an sich haben, so hat dieser Forscher doch auch sehr interessante Experimente in Betreff der Verdauung angestellt. — Aehnlich verhält es sich mit den Arbeiten von Gräber <sup>5)</sup>, Simroth <sup>6)</sup> und Anderen, welche sich aber meist nur auf eine Species oder ein Genus beschränkten. Die Malpighischen Gefässe im Besonderen sind in sehr ausführlicher Weise von Schindler <sup>7)</sup> erforscht und als nierenartige Excretionsorgane erkannt worden.

Die vermehrte Anwendung chemischer Reagenzien bei der mikroskopischen Untersuchung der Gewebe hat auch im Gebiete der Verdauungsorgane sich Eingang verschafft und neue Untersuchungen veranlasst, z. B. diejenigen Max Weber's an der sogenannten Leber der Crustaceen, <sup>8)</sup> welcher nach Nussbaum's <sup>9)</sup> Vorgang die Ueberosmiumsäure zum Erkennen von Fermentzellen anwandte. Während nun M. Weber glaubt, in der sogenannten Leber neben der Fermentausscheidungsfunction eine Leberfunction („Hepatopancreas“) zu finden, bestreitet Hoppe-Seyler <sup>10)</sup> auf Grund chemischer Prüfungen ganz entschieden das Vorkommen von charakteristischen Gallenbestandtheilen bei wirbellosen Thieren. — Die Richtung Nussbaum's verfolgt neben M. Weber und Anderen noch Barfurth <sup>11)</sup>. Auch Krukenberg <sup>12)</sup>, welcher eine grosse Anzahl physiologisch-chemischer Experimente veröffentlicht hat, die besonders die tryptische Darmverdauung bei den Arthropoden einheitlich feststellen, ist hier zu nennen.

Wie man sieht, fehlt es nicht an einer umfangreichen Litteratur über die Verdauung bei den Arthropoden; aber nicht im mindesten ist dieses Thema erschöpft. Im Allgemeinen sind nur die am häufigsten vorkommenden Thiere in Betracht gekommen, so dass noch viele Lücken zu ergänzen übrig bleiben; ferner harren noch mancherlei Widersprüche, so in Betreff des Vorkommens von Galle und dergl. ihrer endgültigen Lösung. — Was den ersteren Punkt angeht, so ist es geradezu auffällig, dass eines der gemeinsten und zugänglichsten Insekten, der bekannte Mehlwurm (Larve des *Tenebrio molitor*) von Niemand berücksichtigt worden ist, zumal sich gerade bei ihm Verhältnisse finden, welche vielleicht einzig im Thierreiche sind.

Nachfolgende Untersuchungen machen nicht Anspruch auf Vollständigkeit in histologischer Beziehung. Nur auf Einzelheiten, so auf das Vorkommen der Kernkrystalle in den Fermentzellen des Mitteldarms sollte genauer eingegangen werden. In physiologischer Hinsicht leitete besonders die Frage, ob das oben erwähnte Nussbaumsche Reagens auf Fermentzellen auch in diesem Falle anzuwenden sei. Diese Frage darf mit Recht verneint werden. —

## I. Mikroskopische Untersuchung des Darmtractus im frischen Zustande (Mikrochemie).

Die Larve des *Tenebrio molitor*, gemeinhin Mehlwurm genannt, ist ein so bekanntes Thier, dass es unnöthig erscheint, dasselbe genauer zu kennzeichnen. Jedermann weiss, dass der Mehlwurm für Vogelliebhaber, Aquarien u. s. w. zu Hunderten gezüchtet wird und dass seine Nahrung aus Mehl, Kleie, Brot und Abfällen und dergl. besteht.

Obgleich daher der Mehlwurm als ein Pflanzenfresser zu betrachten ist, so ist doch die äussere Gestalt des Darmkanals im Verhältniss zu den meisten anderen Insekten eine sehr einfache, eine Erscheinung, welche durch seine so nährstoffreiche und leicht verdauliche Kost erklärbar wird. — Der kurze, zarte Vorderdarm (Munddarm, Oesophagus, intestin buccal) zwingt sich gleichsam durch den mit den Brustmuskeln erfüllten Thorax und besteht aus einem dünnen cylindrischen Rohr ohne hervortretende Differenzirungen. Erst bei seinem Austritt aus dem Thorax schwillt er zu einer wie ein kleiner Kropf aussehenden Verdickung an, welche Stelle in äusserlich wenig erkennbarer Weise in den Mitteldarm (Chylusdarm, Magen, intestin moyen) übergeht. Dieser den grössten Theil des Abdomens in gerader Linie durchziehende Hauptabschnitt des Verdauungsrohrs ist ebenso einfach gebaut wie der Vorderdarm, denn er bildet äusserlich nur einen gleichmässig weiten Schlauch ohne Differenzirungen und ohne Anhänge. — Während sich jedoch der Vorderdarm der mächtigen Brustmuskeln wegen in seinen Ausdehnungen

nur schwach entwickeln konnte, zeigt im Gegentheile der Mitteldarm einen bedeutend grössern Durchmesser als jener, wodurch er sich sofort von demselben unterscheiden lässt. Beim Eintritt der Malpighischen Gefässe geht der Mitteldarm schliesslich in den Endabschnitt des Darmes über, welcher als Enddarm (intestin terminal, Kloake) bezeichnet, sich mit erheblich geringerem Durchmesser scharf absetzt, nach vorn sich biegend eine Schlinge bildet und dann durch den After nach aussen mündet, nachdem er in seiner hinteren Hälfte wieder einen grösseren Durchmesser angenommen hat. Man kann daher am Enddarm anatomisch einen vorderen Dünndarm und einen hinteren Dickdarm (Mastdarm) unterscheiden.

Häufig lassen sich beim Herausnehmen des Darms am Mitteldarm — besonders in dem vorderen Theile desselben — Verdickungen oder Anschwellungen wahrnehmen. Diese finden sich jedoch nie an derselben Stelle bei den verschiedenen Individuen, sondern zeigen sich bald hier, bald dort und lassen sich leicht auf eine zufällig grössere Ansammlung des Speisebreis zurückführen. In anderen Fällen wird eine oft durch den ganzen Mitteldarm ausgedehnte Anschwellung durch eine starke Gasansammlung verursacht, wobei das Gas nicht sofort entweichen kann, weil der Darm durch Muskelkontraktionen geschlossen wird. Bei normalen Ernährungsverhältnissen zeigt sich meist der ganze Darmkanal gleichmässig mit seinem Inhalt erfüllt.

Die innere Organisation und der histologische Aufbau des Darmkanals lässt sich in Anbetracht der geringen Grösse des Objectes nur bei stärkerer Vergrösserung (ca. 300facher) erkennen. Um sich zur weiteren Untersuchung den Verdauungskanal schnell zu verschaffen, verfährt man in der Weise, dass man dem Mehlwurm den Kopf und den hinteren Theil des Abdomens am After abschneidet und den Darm mit einer Pinzette hinten aus dem Körper herauszieht. Besser, aber weniger schnell verfährt man, wenn man nach Abtrennung der Afterspitze das Thier an einer Seite längs von vorn nach hinten mit einer feinen Scheere aufschneidet, die Pinzette unter den Darm schiebt und diesen sodann heraushebt, oder indem man das Thier an beiden Seiten aufschneidet, die so entstandenen Hälften aufklappt und den Darm herausnimmt, nachdem man ihn möglichst weit nach vorn abgesehritten hat. Letztere Methode ist zwar die umständlichste, giebt aber die besten und unversehrtesten Präparate. — Soll nun der Darm in frischem Zustande untersucht werden, so bringt man ihn sofort in ein Schälchen, das ein Gemisch von Speichel und  $\frac{3}{4}$  procentiger Kochsalzlösung enthält, und befreit ihn von dem theilweise anhaftenden Fettkörper; dann schneidet man ihn an einigen Stellen auf und entfernt durch schwaches Drücken vorsichtig seinen Inhalt, worauf die zu untersuchenden Stücke mit einem Tropfen von der oben genannten indiffe-



renten Flüssigkeit auf den Objektträger gebracht werden. Hier werden sie mit der Nadel zerzupft und durch Aufdrücken des Deckgläschens unter Umständen noch feiner zerteilt. — Eine kurze Maceration in der Speichelflüssigkeit ist dabei häufig von grossem Nutzen. — Die Anwendung dieser Flüssigkeit ist jedoch nicht zur Erkennung aller Einzelheiten ausreichend.

Im Vorderdarm zeigt sich unter dem Mikroskop zunächst eine auf ihrer der Darmhöhlung zugekehrten Seite mit feinen Zähnchen in gleichmässigen Querreihen regelmässig besetzte Chitinmembran, welche sehr zart ist und ein gelblichbraunes Aussehen besitzt. Diese Chitin-zähnchen haben hier wie in den meisten anderen Fällen jedenfalls den Zweck, eine feinere Zertheilung der Nahrung zu bewirken. — An derjenigen Fläche der Chitinmembran, welche nicht mit den Zähnchen besetzt ist, findet sich ein Epithelbelag, welcher sich in diesem Zustande jedoch kaum richtig erkennen lässt. Scheinbar ist diese Schicht aus rundlichen Gebilden zusammengesetzt, welche einen gewissen Zwischenraum zwischen sich lassen. Diese Gebilde zeigen eine Anzahl wie Granula erscheinender Einschlüsse. — Bei sorgfältigem Zerzupfen gelingt es aber dieses Epithel von der Chitinmembran zu trennen, so dass man nun deutlich erkennen kann, wie es aus mässig grossen blassen Zellen zusammengesetzt ist, deren deutlich sichtbarer Kern den oben erwähnten rundlichen Gebilden entspricht. Die Form des Kerns ist die eines Ellipsoids; die Granula entsprechen jedenfalls dem Kerngerüst. Das Protoplasma der Zellen lässt keine Differenzirungen wahrnehmen. — In vielen Fällen zerreißen jedoch die Zellen bei der Präparation, so dass die Kerne frei umherschwimmen, in welchen Zustand sie durch ihre Färbbarkeit mit Hämatoxylinlösung\*) ihre Kernnatur augenscheinlich machen. Lässt man auf dieses Epithel nach Nussbaum's<sup>18)</sup> Vorschrift einprocentige Ueberosmiumsäure einwirken, indem man davon einen Tropfen an den Rand des Deckgläschens bringt und mit Fliesspapier in bekannter Weise hindurchsaugt, so tritt erst nach einiger Zeit eine schwache Bräunung des Zellprotoplasmas ein, während der Kern die Säure etwas stärker reducirt und dadurch noch schärfer hervortritt. — An einigen Stellen, wo die Zellen noch untereinander im Zusammenhang geblieben sind, zeigt sich deutlich, dass sie eine cylindrische Form haben. — Ausser der Chitinschicht und diesem nunmehr als solchem erkannten Cylinderepithel fällt ferner die starke Muskulatur des Vorderdarms in's Auge. Sie ist in zwei Schichten vorhanden, von denen die schwächer entwickelte aus längslaufenden Bündeln besteht, während die dickere Schicht aus wulstigen Ringmuskeln zusammengesetzt

\*) Böhmersche Lösung.

272 *Joh. Frenzel: Bau und Thätigkeit des Verdauungs-*

ist, deren Aufgabe wohl darin besteht, durch regelmässige Kontraktionen den Speisebrei weiter zu befördern. — Wie bei den meisten Arthropoden besteht auch hier die Darmmuskulatur aus quergestreiften Muskeln <sup>14)</sup> <sup>15)</sup>.

Was nun den nächstfolgenden Abschnitt, den Mitteldarm, anbelangt, so fällt zunächst das mächtig entwickelte Epithel auf, dessen Zellen eine ganz eigenthümliche Erscheinung zeigen. Bringt man, wie oben angegeben, frische Zupf- und Quetschpräparate unter das Mikroskop, so sieht man auf eine Lage von enggedrängten blassen Zellen, welche einen ebenso fast farblosen Kern einschliessen. In einem grossen Theil dieser Kerne findet sich nun ein krystallähnliches Gebilde. Ist es gelungen, die Zellen vollständig von einander zu trennen, so nehmen sie frei schwimmend eine kugelige Gestalt an, da sie sich, von ihrem Substrat losgelöst, nach allen Richtungen des Raumes gleichmässig ausdehnen können (Taf. V Fig. 2). Der Kern ist dann meist seitlich gelagert und hat die Form eines Ellipsoids; auch der Krystall liegt meist seitlich im Kern. Der Durchmesser der Zelle ist ungefähr 0,006 bis 0,007 mm., der grosse Durchmesser des Kerns 0,0025 bis 0,003 mm. — Sind die Zellen noch mit einander im Zusammenhang, so sieht man häufig nur die Kerne, indem die Zellen ganz eng aneinander gedrängt sind und daher cylindrische Form haben müssen. In vielen Fällen kann man auch die cylindrische oder keulenartige Form derselben deutlich erkennen; der Kern liegt dann meist in der Mitte der Zelle.

Wie schon angedeutet, sind diese Epithelzellen sehr blass und daher oft schwer in der umgebenden Flüssigkeit zu erkennen. Das Protoplasma ist fast homogen, und nur einige grosse, das Licht ein wenig stärker brechende kugelige Einschlüsse machen sich zuweilen bemerkbar. Niemals ist jedoch im Zellenprotoplasma selbst der krystallähnliche Körper vorhanden, derselbe bildet sich also erst im Kern. Etwas deutlicher ist der Kern sichtbar, und nie zu verkennen ist der eingeschlossene Krystall wegen seiner stark lichtbrechenden Eigenschaft. An freischwimmenden Kernen, welche aus ihren Zellen herausgequetscht sind, wird es augenscheinlich, dass der Krystall dem Kern nicht etwa aufgelagert ist, sondern sich in der That in demselben befindet, denn bei jeder Lage des Kerns, so oft sie auch geändert wird, bleibt der Krystall innerhalb der Kerngrenzen. Und dass es wirklich der Kern ist, welcher den Krystall enthält, sieht man an der Färbbarkeit des den letzteren umgebenden Gebildes mit Hämatoxylin, an der Unlöslichkeit desselben in verdünnten Säuren und an seiner Löslichkeit in Alkalien.

Beiläufig bemerkt löst sich jedoch dieser Kern nach längerer Zeit in 10procentiger Kochsalzlösung, eine Erscheinung, welche mit den

gewöhnlichen Angaben über die Löslichkeit des Zellkerns in Widerspruch steht.

Nicht selten findet man Mehlwürmer, in deren Mitteldarmzellen nur wenige oder gar keine Kernkrystalle zu entdecken sind. Die Ursache dieser auffälligen Erscheinung wird später erörtert werden, doch sei schon hier bemerkt, dass die Thiere in diesem Falle häufig eine grosse Mattigkeit und Empfindungslosigkeit gegen Reize zeigen. Nahrungsmangel bewirkt nicht immer das Fehlen der Krystalle, denn gerade bei einem Individuum, das gegen drei Wochen lang gehungert hatte, waren dieselben besonders reichlich vorhanden. Bei Mangel an Feuchtigkeit verschwinden sie jedoch in kurzer Zeit. Die Art der Nahrung ist hierbei ohne Einfluss, da sich bei Fütterung mit Kleie und Brot (Eiweiss) einerseits und mit reiner Stärke (Kohlehydrat) andererseits ein Unterschied nicht bemerkbar machte. Andere Untersuchungen lassen es nicht unwahrscheinlich erscheinen, dass das Stadium, in welchem sich die Zellen befinden, hier von Bedeutung ist. —

In einigen Fällen, wo die Krystalle fehlten, liess sich jedoch beobachten, dass die Kerne gewissermassen zum Ersatz für die Krystalle mehrere stark lichtbrechende tropfenähnliche Gebilde von bräunlich gelber Färbung aufweisen, welche sich oft nahe am Rande des Kerns oder sogar stellenweise aussen am Kern befinden (Taf. V. Fig. 3). Die Zahl dieser Körperchen in den Kernen ist nicht bedeutend, sondern schwankt zwischen eins bis zehn oder wenig mehr; die Grösse ist eine sehr geringe. — Ihre Aehnlichkeit mit Fetttropfchen ist sehr gross, auch reduciren sie wie diese die Osmiumsäure ziemlich stark, aber sie lösen sich nicht in Aether, ebensowenig in Essigsäure und in 10procentiger Na Cl-Lösung. — In welchem Verhältniss sie zum Kernkrystall stehen, liess sich nicht ermitteln, da sie zu selten vorkamen. Ausser diesen Kügelchen kommen noch eine Menge ganz feiner Granula zur Erscheinung, die jedenfalls zum Kerngerüst in Beziehung stehen. Ein sogenanntes Kernkörperchen ist sowohl in den krystallhaltigen wie in den krystallosen Kernen nicht wahrnehmbar.

Was nun die Mitteldarmzelle selbst anbetrifft, so ist man von vornherein geneigt, sie wegen ihres alleinigen Vorkommens im Mitteldarm als Fermentzellen anzusehen. Aber sie färben sich fast gar nicht mit Ueberosmiumsäure, noch viel weniger als die Zellen im Vorderdarm. Nach Nussbaum's Meinung müsste man ihnen demnach eine fermentbildende Funktion absprechen. Es machen jedoch genauere Untersuchungen, welche später zur Besprechung gelangen, das Gegentheil von Nussbaum's Ansicht zur Gewissheit. — Im Uebrigen ist das Verhalten dieser Zellen kein auffälliges; sie färben sich mit einer Jodlösung wie ihre Kerne gelbbraun und lösen sich in 10procentiger



274 *Joh. Frenzel: Bau und Thätigkeit des Verdauungs-*

Na. Cl.-Lösung, ferner in verdünnten Säuren und Alkalien. Neben diesen Zellen treten noch andere, um vieles kleinere auf mit verhältnissmässig sehr grossem Kern. Auf diese Zellen wird später genauer eingegangen, doch sei schon hier erwähnt, dass sie mit der Ausscheidung des Sekrets in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehen.

Ausser diesem Epithel besitzt der Mitteldarm noch eine ziemlich kräftige Muskelschicht, welche sich nicht wesentlich von derjenigen des Vorderdarms unterscheidet. Ferner ist überall eine glashelle, gefaltete, membranartige Haut sichtbar, welche sich zwischen dem Epithel und der muscularis befindend als tunica propria anzusprechen ist. In besonders reichem Maasse ist der Mitteldarm von Tracheen umzogen, welche sich in immer feiner werdende Aestchen theilen; auch Nervenfasern lassen sich häufig wahrnehmen, dagegen lässt sich bei der Untersuchung der Darmstücke in Speichel, in  $\frac{3}{4}$  procentiger Kochsalzlösung, oder in dem Blute der Mehlwürmer selbst nichts finden, was als eine Cuticula (Intima) zu deuten wäre.

Eine solche Cuticula ist erst im letzten Theil des Verdauungstraktus, im Enddarm, sicher nachweisbar. Sie ist derjenigen im Vorderdarm nicht unähnlich, doch besitzt sie nur am Beginn des Enddarms die erwähnten Chitinzähnen, welche hier wahrscheinlich als eine Art Reuse oder Sperre dienen sollen, um nichts Unverdautes in den Enddarm gelangen zu lassen. An der Aussenfläche der Chitinmembran lagern sehr grosse Zellen auf, welche einen, zuweilen auch zwei grosse Kerne enthalten. Auch diese Zellen sind ungefärbt, doch ist ihr Inhalt nicht so homogen, wie dies bei den anderen besprochenen Zellen der Fall war. Dies zeigt sich besonders, wenn man Ueberosmiumsäure auf sie einwirken lässt, wobei sie rasch graubraun gefärbt werden und eine Menge Granula hervortreten lassen. Ausser diesen verschiedenen grossen dunklen Körpern lassen sich noch grössere, hellere, kreisrunde Flecken wahrnehmen, und auch im Kern werden eine Anzahl dunkler Punkte sichtbar (Taf. V. Fig. 4), so dass also die Reduction der Osmiumsäure ausser Zweifel steht.

Wenn daher Nussbaum's mehrfach erwähnte Theorie richtig ist, so ist in diesen Enddarmzellen die Fermentsekretion zu suchen; eine Folgerung, deren Wahrscheinlichkeit höchst zweifelhaft ist, da nach allen Angaben der Sitz der Fermentbildung in oder am Mitteldarm gefunden ist. So sagt Gräber,<sup>16)</sup> dass es sich im Enddarm hauptsächlich um eine mechanische Arbeit handelt; und Plateau<sup>17)</sup> fand meist keine Sekretzellen im Enddarm der von ihm untersuchten Insekten und Spinnen. — Besonders angestellte Versuche, welche später zur Besprechung gelangen, werden zeigen, dass auch der Darm des Mehlwurms keine Ausnahme von der Regel macht.



In kräftigerer Weise als in den ersteren Darmabschnitten ist die Muskulatur des Enddarms entwickelt, ohne jedoch sonstwie Abweichendes zu bieten.

### Das Kernkrystalloid.

Das Vorkommen eines krystallähnlichen Körpers im Zellkern ist im Thierreich anscheinend noch nicht beobachtet worden; es ist wenigstens nirgends eine Andeutung davon zu finden. In Betreff des Pflanzenreiches dagegen hat Radlkofer<sup>18)</sup> Kernkrystalle bei *Lathraea squamaria* zuerst entdeckt und untersucht. — Um über die chemische Zusammensetzung dieses Krystalls und seine Beziehung zu ähnlichen Gebilden Aufschluss zu erhalten, wurde eine Reihe von mikrochemischen Reaktionen angestellt, ohne dass jedoch das Ziel völlig zu erreichen war. Stellen sich doch gerade der mikrochemischen Untersuchung die grössten mechanischen Schwierigkeiten in den Weg, die kein Beobachter hat bisher überwinden können. —

Die Gestalt (Taf. V. Fig. 5) dieser Krystalle (oder dieser krystallähnlichen Körper) ist eine verschiedene, in den meisten Fällen eine tafelförmig flache. Wenn man das Epithel in seiner Fläche zu Gesicht bekommt, so wird meist diese flache Seite des Krystalls sichtbar sein. Bei frei gewordenen Zellen hat derselbe meist eine seitliche Lage im Kern. Finden sich, was nicht selten vorkommt, zwei Krystalle zusammen, so können dieselben jede beliebige Lage zu einander einnehmen, oft liegen sie aneinander gelagert, oft berühren sie sich nur an einem Punkte oder auch gar nicht. Auch drei Krystalle können in einem Zellkern in seltneren Fällen vorkommen. Immer zeichnen sich jedoch die Kerne, in denen mehrere dieser Körper liegen, durch ihre Grösse aus und gehören, wie später gezeigt wird, einer besonderen Form von Zellen an.

Stets ist dieser Krystall ungefärbt, durchsichtig und stark lichtbrechend. In vielen Fällen hat er die Gestalt eines Rhombus, dessen Winkel nicht immer constant sind, aber einem Rechten nahe kommen (Taf. V. Fig. 5). Die Ecken sind meist scharf ausgebildet, zuweilen aber auch etwas abgerundet. — Von der Seite gesehen, erscheint dieser Rhombus als ein gerades oder schwach concav-convex oder biconcav gekrümmtes Stäbchen, ohne natürlich ein solches zu sein. In seltneren Fällen besteht der Krystall aus einem länglichen, geraden oder etwas gebogenen Stäbchen, das von oben gesehen als kleine rhombische oder fast quadratische Figur erscheint. Es sind also bei dieser Form die Dimensionen denen der vorigen Form entgegengesetzt ausgebildet (Taf. V. Fig. 6). Am häufigsten findet sich jedoch die dritte Form der Krystalle, wo dieselben als Tafeln von regulärer Sechseckgestalt auftreten. Auch in diesem Falle sind die Ecken scharf ausgebildet, nur ausnahmsweise zeigten sich zwei gegenüberliegende abgerundet (Taf. V. Fig. 7). Von der

Seite gesehen erscheint diese Tafel ebenfalls in Stäbchenform, welche auch hier gerade oder gebogen sein kann. — In der Regel enthält ein Individuum immer nur eine der drei Krystallformen. Die Grösse der Tafeln schwankt bei den verschiedenen Individuen erheblich, bei einem und demselben dagegen sehr wenig. Wie das Vorkommen, so hängt auch die Grösse dieser Gebilde von dem allgemeinen Ernährungszustande ab; denn füttert man eine Anzahl Mehlwürmer nach längerem Fasten wieder, so kann man das Anwachsen der Krystalle genau verfolgen, bis sie ihr Maximum erreicht haben. Dann sind sie so gross, dass sie mit ihren Ecken fast die Peripherie des Kerns berühren. Doch können sie, wie es scheint, eine bestimmte Grösse nicht überschreiten, denn in den oben erwähnten grossen Kernen sind sie nicht grösser als in den benachbarten normalen Zellkernen. Bei wachsendem Kern tritt also nicht eine Vergrösserung sondern dafür höchstens eine Vermehrung des Kernkrystalles ein. Nachträglich sei noch hinzugefügt, dass bei der Imago des *Tenebrio molitor* ganz dieselben Kernkrystalle wiederkehren. Ob sie sich auch bei verwandten Arten finden, konnte wegen des durch die Winterszeit bedingten Mangels an Material nicht festgestellt werden. Mehrere Carabusarten, *Blatta orientalis*, *Pyr-rhocoris apterus*, *Oniscus scaber*, *Musca domestica* (Imago und Larve) liessen keine derartigen Kernkrystalle in ihrem Darm nachweisen. \*)

Die mikrochemische Untersuchung, obgleich möglichst ausführlich angestellt, ergab leider kein befriedigendes Resultat. Einerseits sind ja die Methoden, um unter dem Mikroskop die Substanz eines Körpers festzustellen, noch so wenig allgemein entwickelt und nur einseitig anwendbar, da man doch wegen mechanischer Schwierigkeiten in den meisten Fällen kaum mehr als die Löslichkeit und Färbbarkeit des Objectes durch Versuche bestimmen kann, was zu einer sicheren Angabe der Stoffe, aus denen dieses Objekt besteht, nur selten ausreicht. Andererseits stellen sich aber in dem hier gegebenen Falle dadurch besondere Schwierigkeiten ein, als die an und für sich schon kleinen Krystalle den Reagenzien deswegen schwer zugänglich sind, weil sie von dem Zellkern und ausserdem von der Zelle völlig eingeschlossen sind. Für manche Reagenzien sind diese Gebilde fast undurchdringlich; durch andere werden dieselben coagulirt, so dass der Krystall unsichtbar wird. Bei Anwendung von Färbmitteln stört schliesslich der Umstand, dass die Farbe, welche Zellen und Zellkerne dabei annehmen, durch den durchsichtigen Krystall hindurch scheint, so dass es aussieht,

---

\*) Spätere Nachforschungen liessen dieselben auch bei allen andern Insekten, welche darauf hin untersucht wurden, vermissen (*Blaps*, *Bombus*, Engerlinge, *Melolontha* etc.)

als wenn auch dieser gefärbt wäre. — Wenngleich es auch gelang, die Krystalle aus den sie umhüllenden Elementen zu befreien, so war es doch nicht geglückt, sie absolut frei von Beimengungen auf dem Objektträger zurückzubehalten, geschweige denn sie in solchen Mengen zu gewinnen, um die gewöhnliche chemische Analyse an ihnen vorzunehmen. Die Isolirung wurde in einigen Fällen dadurch erzielt, dass die Därme einige Tage in etwas Wasser oder Speichel macerirten; doch war dieser Erfolg vielleicht ein mehr zufälliger, zumal immer nur vereinzelte Krystalle zu finden waren, während die meisten zerstört sein mussten. — Theilweise wenigstens kann man eine Anzahl Krystalle dadurch isoliren, dass man sie durch einen mässigen Druck auf das Deckglas aus den platzenden Zellen und Kernen her austreibt. Dagegen liess sich eine Isolirung auf chemischem Wege deswegen nicht erreichen, weil sich die Krystalle fast allemal zugleich mit der Zelle und dem Kerne lösten und nicht wieder durch ein Mittel zu gewinnen waren.

Die mikrochemische Untersuchung wurde in der Weise vorgenommen, dass auf die, wie oben besprochen, zerzupften Mitteldarmstückchen ein Tropfen des betreffenden Reagenz gebracht wurde, worauf je nach der grösseren oder geringeren Flüchtigkeit desselben das Deckglas früher oder später zur Anwendung kam, um ein Eintrocknen oder Verdunsten zu verhindern. Wirkte das Reagenz nicht sofort lösend, so wurde noch mehr davon unter das Deckglas hindurchgesaugt oder auch das ganze Präparat unter die Glasglocke gelegt und hier längere Zeit der Einwirkung des Reagenz überlassen. — Bei der sich darauf anschliessenden mikroskopischen Untersuchung ist besonders darauf Rücksicht zu nehmen, dass das etwa eingetretene Verschwinden des Krystalls auch durch geänderte Brechungsverhältnisse bedingt sein kann, so dass zur Sicherheit das Reagenz durch Nachsaugen von Wasser ausgewaschen werden muss. — Da aber leider bei einem solchen Verfahren selten angegeben werden kann, inwieweit die Wirkung eine nur physikalisch lösende oder chemisch verändernde ist, so ist der Werth desselben immer nur ein geringer und unzureichender, so dass das Resultat der Anwendung von Chemikalien hier kaum mehr als ein physikalisches zu nennen ist.

## 1. Löslichkeit der Kernkrystalloide.

### a) Mineralsäuren.

Fünfprocentige Salzsäurelösung bewirkte die sofortige Lösung des Krystalls wie auch der Zelle, während der Kern erhalten blieb.

Concentrirte Schwefelsäure löste zwar nicht die Zellen und Zellkerne, durch mässigen Druck liessen sich diese aus ersteren aber herausdrücken, worauf der Krystall schnell verschwand.



In starker Salpetersäure war das Resultat noch sicherer, da hier auch der Kern mit dem Krystall in Lösung ging.

Ganz schwache Borsäure, (2%) welche kaum noch sauer reagirte, hatte keine Wirkung auf den Krystall, während die Zelle allein vernichtet wurde. Die Borsäure wirkte mehrere Tage lang ein.

Einprocentige Chromsäurelösung, wie sie zum Abtöden und Härten thierischer Gewebe benutzt wird, verhielt sich bei kürzerer Anwendung unwirksam. Ob nach längerer Zeit eine Lösung eintrat, war nicht sicher festzustellen, da Zelle und Kern durch Koagulation undurchsichtig wurden. Nach ca.  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  stündiger Behandlung war der Krystall noch vorhanden, so dass also dieses Mittel zum Härten der Mitteldärme mit Erfolg zu gebrauchen ist. Aehnliches lässt sich von einprocentiger Ueberosmiumsäure sagen.

#### b) Organische Säuren.

Wurde 30procentige und 5procentige Essigsäure angewendet, so trat jedesmal eine schnelle Lösung des Krystalls ein. Auch die Zelle wurde gelöst, aber nicht der Kern.

Concentrirte Oxalsäure löste den Krystall.

Anwendung von Ameisensäure ergab ein unsicheres Resultat auch bei längerer Einwirkung. Bemerkenswerth ist, dass eine Quellung des Krystalls nicht zu verkennen war.

#### c) Kaustische Alkalien.

Starke (30procentige) Kali- oder Natronlauge liess insofern ihre Wirkung leicht erkennen, als auch der Kern schnell gelöst wurde, so dass das Auflösen des Krystalls sicher zu constatiren war. Fünfprocentige Lauge wirkte etwas langsamer.

Bei Zusatz von Ammoniak (Salmiakgeist) trat die Lösung des Krystalls in frischem Zustande sofort ein. War jedoch das Eiweiss der Gewebe durch Anwendung von Wärme coagulirt, so blieben die Krystalle bei kürzerer Dauer des Versuchs unverändert. Wahrscheinlich verflüchtete sich das  $NH_3$ , ehe es bis zu den Krystallen dringen konnte. Interessant war das Entstehen von eigenthümlichen Krystallformen auf dem Objektträger, auf welche später eingegangen werden wird. (Abschnitt III.)

#### d) Salze.

Einprocentige Sodalösung, in welcher sich das Zellprotoplasma ziemlich schnell, der Kern jedoch langsamer löst, bewirkt eine Auflösung der Krystalle erst nach längerer Einwirkung (nach ungefähr 48 Stunden). Günstiger erwies sich eine stärkere Concentration von  $Na_2CO_3$ .

Das Verhalten von 10procentiger Na Cl-Lösung ist schwerer festzustellen. — Eine sofortige Vernichtung der Krystalle tritt jedenfalls nicht ein, und auch bei mässig langdauernder Einwirkung erfolgt dieselbe nicht. Wird der Versuch jedoch mehrere Tage lang fortgesetzt, so gehen die Krystalle schliesslich zu Grunde. — Zunächst wurde die Zelle schnell gelöst, dann auffälligerweise der Kern nach etwa 24 Stunden, und schliesslich verschwanden auch alle Krystalle. — Da also die Eiweiss-substanzen eher in Lösung gingen, so war es möglich, auf diese Weise eine Anzahl der Krystalle zu isoliren, indem nach dem Verschwinden der Kerne das Na Cl abgesaugt wurde. Doch scheint durch letzteres irgend eine Veränderung der Krystalle erfolgt zu sein, da ihr jetziges Verhalten gegen Reagenzien nicht mit ihrem sonstigen übereinstimmt. Sie zeigten sich im allgemeinen viel schwerer löslich, so z. B. in Essigsäure.

e) Wasser.

In Wasser war eine Lösung weder sofort noch nach einiger Zeit auf dem Objektträger zu beobachten. Auch Kochen des Präparats in  $H_2O$ , ergab keinen Erfolg. Nichts destoweniger gelang es, wie schon erwähnt, nur in einigen wenigen Fällen durch Maceration in Wasser eine geringe Anzahl von Krystallen zu erhalten. Wahrscheinlich bewirkte hierbei das in den Zellen enthaltene Verdauungsferment diese Zerstörung. Häufig zeigten sich die so gewonnenen Krystalle stark gequollen, wobei sich die Ecken theilweise abrundeten.

f) Sonstige Reagenzien.

Bei der Behandlung mit Alkohol abs. wurden die eingeschlossenen Krystalle nicht gelöst, auch nicht nach 24 Stunden oder beim Kochen in Alkohol. Wengleich das Eiweiss hierbei stark coagulirt wird, so dass man meinen könnte, das Reagenz dringe nicht bis zu dem Krystall hindurch, so zeigen doch einige frei gewordene Kernkrystalle das gleiche Verhalten. Auch solche, welche kurze Zeit lang mit Na Cl (10%) behandelt worden waren, erwiesen sich als völlig unlöslich. Ebenso wenig wirkt Spiritus von etwa 70% oder weniger, und bei der Conservirung und Färbung der Därme, wobei solch Spiritus zur Anwendung kam, zeigten sich nach Einschluss in Canadabalsam die Krystalle wohl erhalten.

Auch durch Aether tritt eine schnelle Gerinnung des Eiweisses ein und die Krystalle bleiben dabei unverändert. Da aber leider der Aether so rasch verdunstet, so ist es schwer, diesen Versuch auf längere Zeit auszudehnen. Wurde das Präparat ferner eingetrocknet und seines Wassergehalts beraubt mit Aether behandelt, so blieben die Krystalle ebenfalls ungelöst bei Anwendung von grossen Mengen Aethers.

In ähnlicher Weise war das Verhalten gegen Benzin und Chloroform.

In verdünntem Glycerin trat keine Lösung der Krystalle ein, sondern diese waren noch nach mehreren Wochen deutlich in den Glycerinpräparaten zu erkennen.

## 2. Färbbarkeit der Kernkrystalle.

Um bei der Anwendung von Färbstoffen ein sicheres Resultat zu erhalten, ist es unbedingt erforderlich die Krystalle aus den sie umschliessenden Elementen zu befreien, um nicht Irrthümern ausgesetzt zu sein; und da es nicht sicher ist, ob und in welchem Maasse die Substanz dieser Krystalle durch Chemikalien verändert wird, so ist es am geeignetsten dieselben durch Drücken aus den Kernen heraus zu pressen. Zum Vergleich wurden auch Krystalle, welche mit Hilfe der Maceration oder der 10procentigen Kochsalzlösung frei gemacht waren, zur Untersuchung herangezogen.

Einprocentige Osmiumsäure färbte die in den Macerationspräparaten vorhandenen Krystalle schwach bräunlich; die anderen oben besprochenen Reagenzien riefen keine Färbung hervor, auch nicht diejenigen, in denen sich die Krystalle nicht lösten.

Mit Jodjodkalium liess sich dagegen eine gelbbraune Färbung erzielen, welche mit derjenigen des Zell- und Kernprotoplasmas übereinstimmte. Die intensivere Färbung des inneren Theils der sechseckigen Tafeln rührt davon her, dass der Krystall an dieser Stelle dicker ist als am Rande.

Bei der Behandlung mit Hämatoxylin oder Magdala liess sich weder sofort noch nach mehreren Tagen eine Aufnahme des Färbstoffes wahrnehmen. Dieses Verhalten fand sowohl bei Quetsch- wie auch Kochsalzpräparaten statt.

## 3. Sonstiges Verhalten der Kernkrystalle.

Eintrocknen. Lässt man an der Luft oder unter dem Deckglas die krystallhaltigen Darmstücke eintrocknen, so lassen sich zuerst die Krystalle noch deutlich erkennen. Allmähig aber scheinen sie zu verschwinden.

Erhitzen. Nachdem die Krystalle aus den Kernen gequetscht sind, werden sie auf dem Objektträger über der Flamme stark erhitzt, dass das Eiweiss verbrennt. Sie werden hierbei geschwärzt und undurchsichtig, also wohl verkohlt und verlieren ihre regelmässige Gestalt theilweise.

### Resultat der Untersuchung.

Die Kernkrystalle sind leicht löslich in starken und schwächeren organischen und anorganischen Säuren und in kaustischen Alkalien. Schwerer löslich sind sie in 10procentiger Kochsalzlösung. Unlöslich



sind sie in Wasser, Glycerin, Alkohol, Aether und ähnlichen Substanzen. Sie unterscheiden sich also wesentlich sowol von dem Zellprotoplasma wie auch von der Kernsubstanz. Ihre leichte Verbrennbarkeit mit Hinterlassung von Kohle deutet auf einen organischen Körper; ihre Braunfärbung mit Jod auf eine Substanz, welche in naher Beziehung zu Eiweissstoffen steht. Es liegt nahe, diesen krystallähnlichen Körper mit den Radlkoferschen Kernkrystallen zu vergleichen. Ein Unterschied zeigt sich schon, dass in den Kernen von *Lathraea squamaria* stets mehrere Krystalle vorkommen, gegen 7—12 Stück. Auch ist die Form derselben eine viel unregelmässigere, und ebenso stimmen die Reactionen nicht überein, denn dieser Pflanzenkernkrystall wird von Glycerin und von Wasser gelöst. Immerhin mögen aber beiderlei Gebilde eine grosse Verwandtschaft mit einander haben; doch auch zu denjenigen Krystallen oder Krystalloiden, welche sich in Zellen finden, werden sie in naher Beziehung stehen. — Dergleichen Körper sind vielfach untersucht worden. So fand Hoppe-Seyler<sup>19)</sup> Phosphor in den Aleuron-Krystallen, welche von Hartig im Klebermehl entdeckt wurden; Th. Weyl<sup>20)</sup> glaubt, dass diese Krystalle nur Vitellin seien, da sie sich insbesondere in 10procentigem Na Cl lösen. Von Schmiedeberg<sup>21)</sup> sind sogar die Paranus-Krystalle künstlich dargestellt worden. — In sehr ausführlicher Weise hat Schimper<sup>22)</sup> die Proteinkrystalloide der Pflanzen in krystallographischer Hinsicht behandelt. Unter anderem führt er an, dass Cohn die Quellbarkeit der Krystalloide fand, und dass Nägeli der Meinung ist, dass die Krystalloide aus zwei verschiedenen nicht chemisch gebundenen Substanzen bestehen, von denen ein Theil durch Glycerin ausgezogen werden kann. Etwas ähnliches war auch bei den *Tenebrio*-Kernkrystallen nicht zu verkennen, denn sie zeigen sich unter Umständen gequollen und eine Veränderung in der chemischen Zusammensetzung durch Na Cl ist nicht unwahrscheinlich. Wie Schimper<sup>23)</sup> mittheilt fand Graf Solms-Laubach im Blute der Seidenraupen Krystalloide, welche eine schwankende Reaction gegen Ammoniak und bemerkenswertherweise gegen Salzwasser zeigen. Vielleicht ist hierin eine gewisse Uebereinstimmung mit den *Tenebrio*-Krystalloiden zu suchen. In neuerer Zeit sind von Fürbringer<sup>24)</sup> die von Zenker, Charcot und Anderen entdeckten Spermakrystalle speciell beim Menschen beschrieben worden. Diese Krystalle weisen in Betreff der Löslichkeit eine grosse Aehnlichkeit mit den Kernkrystallen des Mehlwurms auf, doch ist ihre Gestalt eine andere. Sie sind von Schreiner<sup>25)</sup> als das phosphorsaure Salz einer neuen organischen Basis erkannt worden, und es dürfte nicht unwahrscheinlich sein, dass auch die Kernkrystalle etwas derartiges sind. — Bestimmtes lässt sich darüber freilich nicht sagen, so lange nicht eine makrochemische Untersuchung ermöglicht ist. —

## II. Querschnitte von conservirten Präparaten (Histologie).

Das beste Bild von der Zusammensetzung und der Einrichtung des Verdauungssystems liefern Querschnitte an gehärteten und gefärbten Präparaten, welche in regelmässiger Reihenfolge untersucht und mit einander verglichen werden. Leider sind diese Methoden noch so wenig allgemein verbreitet, und bei den wenigsten Untersuchungen, welche am Darmkanal der Arthropoden angestellt sind, in Anwendung gekommen, dass es nur dadurch erklärlich wird, dass manche Thatsachen bisher unbekannt geblieben sind. Da man jedoch an solchen Querschnitten das Verhalten frischer Gewebe gegen Reagenzien u. s. w. nicht beobachten kann und da man sich zur Anfertigung derselben verschiedener Substanzen zu bedienen hat, so erschien es zweckmässig, hier die Besprechung der frischen Präparate insbesondere in Betreff der Kernkrystalle voranzuschicken, um zugleich eine möglichst gute Conservirung zu erzielen.

Von den gebräuchlichen Methoden erwies sich die Sempersche Chromsäuremischung ( $\frac{1}{4}$ procentige Chromsäure und etwas Essigsäure) im allgemeinen am zweckmässigsten; gefärbt wurde in toto mit wässriger Hämatoxylinlösung, dann mit Grenachers Alkohol-Carmin und das gefärbte Präparat in Paraffin geschnitten. Um ein Verschieben der Schnitte zu verhindern, ist es nöthig, das Paraffin auf dem Objektträger mit Nelkenöl, Chloroform oder Benzin zu entfernen oder noch besser, nach der Giesbrechtschen Methode die Schnitte mit Schellack zu fixiren und das Paraffin mit Terpenthin und Creosot auszuziehen. Störend sind allerdings bei dieser Herstellung der Präparate die Inhaltmassen des Darms, welche einerseits das Bild undeutlich machen und andererseits leicht eine Maceration im Innern des Darmes herbeiführen können. Theilweise kann man sie aus den frischen Darmstücken durch vorsichtiges Drücken entfernen; auch indem man das Thier einige Zeit vorher hungern lässt, erhält man günstige Resultate; doch treten hier andere Erscheinungen ein, so dass diese Art der Behandlung nicht immer angewendet werden kann.

Der Vorderdarm (Taf. V. Fig. 8) zeigt eine sehr regelmässige einfache Struktur. Es finden sich darin vier kreuzweise gestellte Längswülste, welche aus einer Einstülpung der inneren Gewebsschichten in das Lumen des Darmes entstehen. Zwischen je zwei dieser grossen Wülste zieht sich je ein kleiner Wulst entlang, welcher mit breiterer Basis entspringend nur wenig in das Lumen hineinragt, welcher dagegen die Lücken zwischen den grossen Längswülsten auszufüllen im Stande ist, so dass durch das Zusammenpressen dieser acht Vorsprünge ein völliger Schluss

der Darmhöhlung erzielt werden kann. Dieses Zusammenpressen wird durch die Contraction der Muskeln bewirkt, welche zu mehreren concentrischen Ringen angeordnet jene Gebilde umspannen ohne sich aber in die Wülste mit den inneren Schichten hineinzustülpen. — Als innerste Schicht tritt die dicke Chitincuticula (Intima) auf, welche das Lumen des Vorderdarms völlig auskleidet. Man kann an ihr die Aufeinanderlagerung einzelner Lamellen, sowie auch die Basaltheile der früher erwähnten Zähnchen deutlich erkennen. Dagegen war es nicht möglich, auch nicht mit stärkerer Vergrößerung (Seibert Immersion VII) Porenkanäle wahrzunehmen, so dass dieselben zu fehlen scheinen. — An diese Intima schliesst sich nach aussen hin eine Schicht von cylindrischen Zellen, deren elliptisch erscheinender Kern in dem Theil der Zellen liegt, welcher von der Cuticula der entferntere ist. Es entsprechen diese Zellen denen, welche an den frischen Präparaten an gleicher Stelle beobachtet wurden.

Man muss die Schicht, welche aus diesen Zellen gebildet wird, als die Matrix der Cuticula ansehen, da nach den Untersuchungen von Leydig, Kölliker und Häckel die Chitinbildung stets durch das Vorhandensein eines besonderen Epithels (Hypodermis, chitinogene Membran, Matrix) bedingt ist. Allerdings hat man den Insekten den Besitz eines Epithels im Vorderdarm meist abgesprochen; so sagte Leydig,<sup>26)</sup> dass die Epithelzellen im Oesophagus der Arthropoden vielleicht durchweg mangeln. Graber<sup>27)</sup> spricht von einer kaum angedeuteten Epithellage im Munddarm der Insekten und Basch<sup>28)</sup> fand bei *Blatta orientalis* in dem „Proventrikel“ kein Epithel. Auch Plateau<sup>29)</sup> berichtet von ähnlichen Verhältnissen bei vielen der von ihm untersuchten Insekten (Dytisciden, Carabiden). Leydig sah aber früher die Matrix überhaupt nicht als Epithel, sondern als Bindesubstanz<sup>30)</sup> an; auch Basch, dessen oben citirte Arbeit ebenfalls älteren Datums ist, wird wohl eine ähnliche Ansicht gehabt haben. Die Angaben Plateau's hingegen können nicht als genau bezeichnet werden; denn da er überall im Vorderdarm eine Chitincuticula fand, so kann er nicht behaupten, dass dort Zellen oder Epithelien häufig fehlen. — Plateau glaubte in mehreren Fällen, in denen er im Vorderdarm ein Epithel beobachtete, ein besonderes Sekret im Vorderdarm zu finden, welches von diesem Epithel herrühren sollte. Diese Fermentsekretion ist jedoch eine sehr fragliche, denn da die Matrix schon die Funktion hat, Chitin abzusondern, so ist es doch sehr zweifelhaft und unbewiesen, dass sie daneben auch noch eine andere Funktion ausüben könnte. — Bei dem Mehlwurm lässt sich im Vorderdarm jedenfalls kein besonderes Verdauungsssekret nachweisen, wie sich dies auch bei den später zu besprechenden Verdauungsversuchen ergibt.



Die Gewebe, welche ausser diesen zwei Schichten den Vorderdarm zusammensetzen, bieten wenig Bemerkenswerthes dar. Es schliesst sich an die Matrix eine glashelle Membran an, welche sich ebenfalls in die Wülste hineinerstreckt. Einer solchen Haut liegt nach Leydig und Häckel<sup>31)</sup> die Matrix stets auf, um von dieser tunica propria (Stützmembran, basement membrane) getragen zu werden. — Die folgende Schicht, die Muscularis, weicht insofern von den vorhergehenden ab, dass sie sich nicht wie jene in die Wülste hineinzieht, sondern dieselben ihrem Zwecke entsprechend theils kreisförmig umspannt, so dass die sich zusammenziehenden Muskeln eine Verengerung des Darmlumens bewirken können, theils in longitudinaler Anordnung am Darm entlang läuft.

Am Mitteldarm traten bei der oberflächlichen Untersuchung im frischen Zustand nur einzelne Elemente deutlich hervor. Am Querschnitt sieht man die Lagerung derartig, dass sich an die oft eigenthümlich wellig gefaltete tunica propria nach innen ein Epithel, nach aussen die Muskulatur anlegt. Diese tunica propria ist der Stützmembran des Vorderdarms gleichwerthig, sie ist ebenfalls stark lichtbrechend und färbt sich bei der gewöhnlichen Behandlungsweise nicht mit Carmin und Hämatoxylin. Meist ist sie im Mitteldarm dicker als wie im Vorderdarm.

Am Mitteldarmepithel zeigen sich Verhältnisse, welche bei Arthropoden noch nicht bekannt zu sein scheinen, ein Umstand, welcher sich dadurch erklärt, dass man hier fast noch gar keine Untersuchungen an Querschnitten angestellt hat. — Das Epithel zeigt sich nämlich von verschiedenen Zellformen zusammengesetzt und ferner zeigt es sich auch bei den verschiedenen Verdauungsstadien von ganz verschiedenem Aussehen; in dieser Hinsicht ist eine gewisse Aehnlichkeit mit den Verhältnissen bei dem Leberegel (*Distomum hepaticum*) vorhanden, welche von Sommer<sup>32)</sup> beobachtet sind.

Vergleicht man Querschnitte von verschiedenen Individuen mit einander, so erhält man fast überall ein verschiedenes Bild, selbst wenn die Thiere sich in normalen Verhältnissen befanden. Der am meisten vorkommende und daher typisch zu nennende Zustand ist derjenige, dass sich ein geschichtetes Epithel darstellt, welches aus verschiedenartig aussehenden Zellen zusammengesetzt ist. Diese Zellen sind Uebergangsstadien einer und derselben Zellenart. Am besten erkennt man die verschiedenen Zellformen, wenn man mit Picrinschwefelsäure etwa 15 Min. lang und dann mit 80procentigem Alkohol behandelt. Färbung mit wässriger Hämatoxylin- oder mit alkoholischer Carminlösung ist dabei sehr günstig.

Zunächst der tunica propria liegt eine Schicht von kleinen Zellen, welche in der Regel dicht aneinandergedrängt sind. Sie fallen sofort durch ihre starke Färbbarkeit auf. Ihre Form ist fast kubisch oder

mehr oder weniger keulenförmig. Der Basaltheil, mit welchem sie der Stützmembran aufsitzen, zeigt sich gezackt oder mit kurzen, spitzlappigen Ausläufern versehen (Holzschn. Fig. I). Der sich ebenfalls stark färbende Kern dieser Zellen ist so gross, dass er den grössten Theil der Zelle erfüllt. An oft vielen Stellen zeigen sich in diesen Kernen Kerntheilungsfiguren und zwar meist das Uebergangsstadium zu der Sternform der Tochter-Kerne (bei Hartnack Imm. XI); in einzelnen Fällen waren auch Andeutungen der achromatischen Kernfäden zu sehen. Ebenso war auch zuweilen die als Kranzform bezeichnete Anordnung des Kerngerüsts zu beobachten. — Die ersteren Theilungsfiguren lagen in fast allen Fällen parallel zur Stützmembran, so dass also eine Theilung nicht nach der Seite sondern nach dem Lumen des Darmes zu (nach innen) erfolgt. Diese unterste Zellschicht möge Zellmuttertschicht genannt werden. Die aus den Zellen dieser Schicht durch Theilung entstandenen Zellen gleichen ersteren, ihren Mutterzellen, meistens, so dass also eine zweite gleichwerthige Schicht vorhanden sein kann, denn auch in den Kernen dieser Zellen finden sich zuweilen Theilungsfiguren. — Niemals ist dagegen in den Kernen dieser untersten Schichten ein Krystalloid wahrzunehmen.

Durch die Theilung der ursprünglichen oder erst der sekundären Mutterzelle entstehen nun zwei Zellen, von denen die äussere eine Mutterzelle bleibt, während die innere Zelle sich nicht mehr theilt, sondern an dem einen Ende spitzkeilförmig oder pfriemenförmig auswächst und sich in die Lücken der später zu besprechenden Epithelzellen einschiebt, während der basale Theil unverändert seine Lage beibehält. Diese „Keilzellen“ zeigen sich wie die Mutterzellen ziemlich stark gefärbt, und so lange sie noch nicht die Oberfläche des Epithels erreicht haben, hat ihr Kern nie ein Krystalloid aufzuweisen. Wie sich diese Zellen mehr und mehr verschieben und wie sie dabei immer grösser werden, lässt sich in vielen Stellen der Schnitte nachweisen (Holzschn. Fig. II). Schliesslich erreichen sie mit ihrer Spitze die Peripherie und verbreitern sich hier allmählig; zugleich verlieren sie an Färbbarkeit und im Kern tritt schliesslich ein Krystalloid auf; sie sind dann als die Hauptzellen des Epithels anzusehen. Die verschiedenen Uebergänge von der herangewachsenen Keilzelle zur Cylinderzelle liessen sich in den Präparaten allerdings nicht mit aller Bestimmtheit verfolgen, doch liess sich in einem Falle in einer grossen Keilzelle ein Kernkrystalloid finden, so dass die Identität beider Zellarten dadurch höchst wahrscheinlich ist. — Ferner zeigte sich auch an der Flächenansicht des Epithels (Holzschn. Fig. III), welche man sowol an Schnitten erhält wie auch an frischen Darmstücken, welche im Blute des betreffenden Individuums liegen, dass die Zellen des Epithels an ihrer Oberfläche sehr verschiedenen Durchmesser haben,

so dass sich auch hieraus auf einen allmäligen Uebergang von der Keilzelle zu der Hauptzelle schliessen lässt. —

Diese Haupt-Epithelzellen, d. h. diejenigen, welche an Masse und an Zahl überwiegen, gehören zur Kategorie der Cylinderzelle. Genauer ausgedrückt, sind sie kegelförmig oder pyramidal, da die breite Basis polygonal ist, wie es sich am Flächenbild zeigt. Im normalen Zustande enthält jeder Kern ein Krystalloid, eine Theilungsfigur fehlt dagegen immer. Der Kern liegt in den Zellen zuweilen in gleicher Höhe, zuweilen aber auch in etwas verschiedener Höhe, wie es durch das Zusammengedrängtsein der Zellen zu erklären ist. Der verjüngte, spitze Theil der Zellen ist, wie auch die Keilzellen und die Mutterzellen, mit feinen Ausläufern versehen. Der Inhalt dieser sich nicht sehr intensiv färbenden Epithelzellen ist ein feinkörniger, am oberen Ende treten zuweilen kugel- oder bläschenförmige, vacuolenartige Gebilde auf, welche allerdings auch Kunstprodukte sein können. Ebenso sieht man zuweilen, wie aus jeder Zelle ein grosser heller Tropfen ausgetreten ist, wobei gleichzeitig der gleich zu besprechende Härchensaum der Zelle

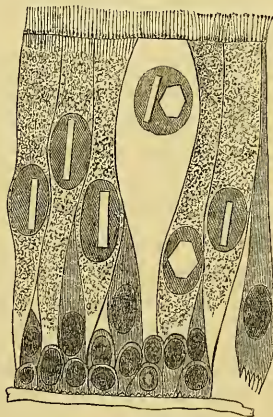


Fig. II.



Fig. I.

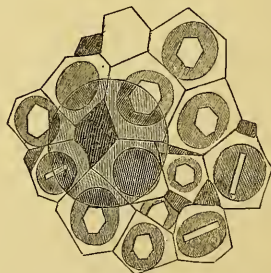


Fig. III.

#### Figuren - Erklärung.

Fig. I. Die Mutterzellen des Mitteldarmepithels mit Kerntheilungsfiguren. In der Zeichnung achtmal vergrössert dargestellt.

Fig. II. Mitteldarmepithel im Querschnitt, die verschiedenen Zellformen enthaltend. Das Verhalten der Zellen gegen Hämatoxylin ist durch Schraffirung angegeben. — Fünfmal in der Zeichnung vergrössert.

Fig. III. Flächenansicht des Mitteldarmepithels. Eine grosse Becherzelle ist von den Hauptzellen überwölbt und wird bei tieferer Einstellung sichtbar. — Sechsmalige Vergrösserung in der Zeichnung.

Sämmtliche Figuren bei Hartnack Imm. XL; Fig. II. aus mehreren Präparaten zusammengestellt.



zerstört ist. Auch diese Erscheinung ist wohl als ein Kunstprodukt anzusehen in Uebereinstimmung mit ähnlichen Vorkommnissen, welche an andern Orten<sup>33)</sup> auftreten. — Dagegen liess sich häufiger in den Zellen an ihrer freien Seite eine feine Längsstrichelung wahrnehmen, welche vielleicht mit den Härchen in Zusammenhang steht.

Schliesslich treten noch, allerdings mehr vereinzelt und zerstreut, im Epithel Zellen auf, welche lebhaft an Becherzellen erinnern (Holzschn. Fig. II und III). Dieselben sind am oberen Theil blasig aufgetrieben, reichen häufig nicht bis zur Mutterzellschicht hinunter und färben sich sehr schwach mit Hämatoxylin. In manchen Fällen erreichen sie auch nicht die Oberfläche des Epithels, sondern werden öfters von den anderen Zellen überwölbt. Der Inhalt dieser Becherzellen ist ein mehr gleichartiger und ist nicht körnig. Der Kern, welcher sich stets im oberen blasigen Theil der Zelle befindet, enthält oft einen, nicht selten aber auch zwei oder drei Krystalloide, und in diesem Falle ist er sehr gross und färbt sich ebenfalls nur schwach. Jedoch giebt es auch hier Zellen, in denen das Kernkrystalloid völlig fehlt. Jedenfalls kann man aber aus dem theilweisen Vorhandensein dieses Krystalloids schliessen, dass die Becherzellen aus den eigentlichen Epithelzellen hervorgegangen sind, zumal sie in vielen Fällen ebenfalls noch mit dem Härchensaum behaftet sind. — Ihre Bedeutung ist nicht ganz klar, vielleicht liefern sie, etwa durch ihr Zugrundegehen, das Verdauungssekret; doch ihr mehr vereinzelt Vorkommen und ihr häufig gänzliches Fehlen in den Querschnitten macht dies unwahrscheinlich, eher sind sie wol als zu Grunde gehende Epithelzellen aufzufassen. Dass das Kernkrystalloid in diesen Zellen hin und wieder fehlt, während es in anderen noch vorhanden ist, lässt sich wohl auch in diesem Sinne auffassen.

Alle diejenigen Zellen, welche die Oberfläche des Epithels zusammensetzen, also besonders die Hauptzellen, ferner ein Theil der Keil- und Becherzellen, besitzen nun an ihrem freien Ende eine eigenthümliche Differenzirung, welche einer eingehenderen Besprechung bedarf. — Die Frage, ob im Mitteldarm der Insekten die Epithelzellen nach innen von einer Cuticula begrenzt werden, hat eine allgemeine und unbezweifelbare Antwort noch nicht erfahren, ein Umstand, der sich zum Theil durch die hier obwaltenden Schwierigkeiten der Untersuchung erklärt. Nach der einen Ansicht fehlt eine Cuticula gänzlich. So sprachen schon Frey und Leuckart<sup>34)</sup> 1847 die Meinung aus, dass „es nicht unwahrscheinlich ist, dass eben diese innere Haut bisweilen einigen Darmabschnitten, wie besonders dem Chylusmagen fehle.“ — Basch<sup>35)</sup> hat bei der *Blatta orientalis* im Mitteldarm (Chylusmagen) eine Intima nicht gefunden und Plateau<sup>36)</sup> giebt bei den Insekten im besonderen nirgends das Vorhandensein einer solchen Cuticula an, während er bei den

Myriapoden, Phalangiden und Araneiden ausdrücklich sagt, dass das Epithel „nackt“ sei. \*) — Die entgegengesetzte Meinung, nämlich dass eine Cuticula vorhanden sei, ist weniger scharf und bestimmt ausgesprochen; so sagt Graber,<sup>37)</sup> dass die innere Chitinhaut entweder ganz verschwinde oder sich zu einem feinen porösen Ueberzug der Epithelschicht verdünne. Auch Leydig sagte leider über diesen Punkt nichts Bestimmtes und Allgemeines, nur von der Raupe der *Noctua aceris* gab er das Vorhandensein einer mit Poren versehenen, durch Wasser leicht zerstörbaren Cuticula an.<sup>38)</sup>

Vielleicht ist es möglich, dass eine Einheit in dieser Hinsicht nicht vorhanden ist, und dass sowohl der eine wie der andere Fall vorkommt. Bei der grossen Uebereinstimmung, welche in der Organisation der Insekten herrscht, ist dies aber einerseits sehr zweifelhaft, andererseits müssen die Angaben Plateau's und Basch's in diesem Punkte mit grosser Vorsicht aufgenommen werden, da beide ja bei ihren Untersuchungen sich nicht der vollkommensten Methoden bedienen.

Was nun den Mitteldarm des Mehlwurms angeht, so zeigt zunächst die Anwendung von Kalilauge, in dem man diese in einem Uhrschälchen vorsichtig auf den ganzen Darm unter Erwärmen einwirken lässt, dass der Mitteldarm vollständig aufgelöst wird, d. h. dass eine im chemischen Sinne stärker chitinisirte Cuticula nicht vorhanden sein kann. Nun könnte aber, wie Leydig und Graber meinen, eine anderswie beschaffene Cuticula vorhanden sein. — An frischen Darmstücken, welche im Gemisch von Speichel und Kochsalzlösung lagen, war, wie schon früher erwähnt, keine solche zusammenhängende Haut zu sehen. — Wie Leydig jedoch von der Darmwand der *Helix hortensis*<sup>39)</sup> berichtete, kann eine Cuticula auch dadurch gebildet werden, dass der freie Theil jeder einzelnen Epithelzelle eine verdickte Membran zeigt, so dass dadurch eine zusammenhängende Haut vorgespiegelt wird. — Beim Mehlwurm gelang es jedoch nicht, weder in  $\frac{3}{4}$ procentiger Salzlösung, noch in Speichel, Wasser oder in dem Blute des betreffenden Thieres etwas derartiges wahrzunehmen. Auch an Querschnittspräparaten, welche in der gewöhnlichen Weise in Chromsäure oder Pikrinschwefelsäure gehärtet waren, zeigte sich nicht die Spur einer Cuticula, sondern die Epithelzellen schienen vollständig einer besonders gestalteten Grenzschicht zu entbehren. — Dagegen zeigte sich bei der Härtung der Darmstücke in Alkohol ein ganz anderes eigenthümliches Bild. Bei der Anwendung von 80procent. oder noch besser 90procent. Alkohol ist auf den Zellen ein Saum zu sehen, welcher von feinen und mässig langen Härchen

\*) l'épithélium est à nu, — l'absence complète de cuticule.

gebildet zu sein scheint. In vielen Fällen lässt sich an jedem dieser Härchen ein dickeres Fussstück und an der Spitze eine kleine knotenförmige Anschwellung erkennen, ein Bild, welches sich häufig bei echten Flimmerzellen findet. In andern Fällen bilden die Fussstücke wie auch die verdickten Spitzen zwei stark lichtbrechende Linien, so dass es scheint, als wenn der basale Theil eine verdickte Zellmembran und der entgegengesetzte Theil ebenfalls eine feine Haut darstellte. Das Ganze hat dann aber auch grosse Aehnlichkeit mit einer dicken Cuticula, welche von Poren durchbohrt zu sein scheint. Eine ähnliche Erscheinung hat Leydig jedenfalls auch bei der *Noctua aceris*-Raupe vor sich gehabt, so dass er diesen Zustand als den natürlichen ansah. Bei einer Behandlung der Darmstücke mit schwächerem oder mehr wasserhaltigem Alkohol (70 %) ist in den meisten Fällen von Härchen oder Poren nichts zu sehen, sondern der ganze Saum sieht aus, wie eine dicke stark lichtbrechende Cuticula, ohne irgend welche Differenzirungen aufzuweisen. Jedoch war an einem und demselben Präparat in diesem Falle auch noch bei einzelnen Schnitten die porenartige Streifung zu erkennen. — Wie oben erwähnt, ist bei der Conservirung in Pikrinschwefelsäure (besonders in concentrirter) von allen diesen Erscheinungen nichts wahrzunehmen. Lässt man dagegen Darmstücke nur kurze Zeit, etwa 15 Min. lang in diesem Conservirungsmittel liegen, so zeigt sich noch der Rest des Saumes in der Weise, dass er aus einer Schicht von feinen Körnchen zu bestehen scheint, ein Aussehen, wie es bei den Wimpern von Wimperzellen in ähnlichen Fällen zu beobachten ist. Diese Einwirkung der Pikrinschwefelsäure ist jedenfalls als vorgeschrittene Auflösung des Saumes anzusehen; denn legt man Darmstücke nur auf 2 bis 3 Minuten in diese Flüssigkeit, so zeigt sich der Saum noch bei weitem intakter, wengleich er auch dann schon stark verändert ist.

Dass dieses als Härchensaum zu bezeichnende Gebilde in frischem Zustande bei den Mehlwürmern nicht zu sehen ist, erklärt sich aus seiner so grossen Zerstörbarkeit. Dagegen gelang es dem Verfasser an einer Reihe anderer Insekten (Maikäfer, Hirschkäfer, *Blatta orientalis*, Hummel, Biene, Fliege) die Mitteldarmzellen in Speichel, Kochsalzlösung ( $\frac{3}{4}$  %) und bei *Blatta* sogar in reinem Wasser in einer Form zu sehen, welche lebhaft an Flimmerzellen erinnerte. Sowohl freischwimmende Zellen, wie auch Zellen, welche noch im Zusammenhang unter einander waren, zeigten sich an der einen Endfläche mit oft sehr langen, wimperartigen Härchen besetzt. Diese Härchen sind sehr fein und oft nur bei scharfer Einstellung zu erkennen; daher sind sie auch von Basch, Plateau und Anderen nicht gesehen worden. Ihre Länge ist bei den verschiedenen Familien eine verschiedene; bei *Bombus* ist dieselbe fast gleich dem Durchmesser der als Kugeln freischwimmenden Zellen. —



Bemerkenswerth ist, dass es in keinem einzigen Fall gelang, eine selbstständige Bewegung dieser Gebilde wahrzunehmen; in den verschiedensten Flüssigkeiten und bei der vorsichtigsten Präparation waren die Härchen immer starr und regungslos. — Auch an den Zellen der Malpighischen Gefässe sah Verfasser beim Mehlwurm einen ganz ähnlichen Härchensaum, und zwar schon im frischen Zustand in Speichel,  $\frac{3}{4}$  ‰ Kochsalzlösung und in der Blutflüssigkeit. Auch hier war keine Bewegung der Härchen zu erkennen. Diese Härchen in den Malpighischen Gefässen sind feiner und länger als im Darm des Mehlwurms, auch scheinen sie gegen äussere Einflüsse etwas widerstandsfähiger zu sein. — Nach einiger Zeit tritt jedoch auch bei ihnen eine Veränderung ein. In der Kochsalzlösung waren z. B. zuerst wirkliche spitzendende Härchen sichtbar, bald aber bildeten sich an deren Enden Knöpfchen, welche sich aneinander legend und mit einander verschmelzend eine gleichmässige, stark lichtbrechende Linie bildeten. Dann wurde das Bild undeutlicher und eine körnige Auflösung des ganzen Saumes trat ein. Auch in schwacher Essigsäure lösten sich die Härchen schnell auf. —

Aus diesen Beobachtungen geht nun mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass der Saum in allen Fällen im natürlichen Zustande aus Härchen gebildet wird und erst durch fremdartige Einflüsse in der Weise verändert wird, dass er bald als durchbohrte Cuticula (Leydig oder poröser Ueberzug der Epithelschicht erscheint, bald aber auch gar nicht mehr zu sehen ist (Basch, Plateau). Er wird durch Pikrinschwefelsäure, Chromsäure, Essigsäure u. s. w. völlig zerstört, und da er sich in stärkerem Alkohol besser konservirt als in verdünntem und in wässrigen Flüssigkeiten (Kochsalzlösung, Speichel etc.) leicht verändert wird, so ist es sehr wahrscheinlich, dass wenigstens beim Mehlwurm das Wasser diese Veränderung verursachte. Dieser Schluss stimmt mit der oben erwähnten Beobachtung Leidig's überein. Die Frage, ob hier echte Flimmerzellen vorhanden sind, kann als völlig entschieden allerdings noch nicht angesehen werden, denn es ist immerhin möglich, dass die Zellen bei der Präparation so schnell abstarben, dass die Bewegung der Härchen sofort aufhörte. Da sich aber Flimmerzellen in den meisten Fällen sehr lange auf dem Objektträger oder am getödteten Thier am Leben erhalten, so hat diese Möglichkeit sehr wenig für sich. Eher darf wohl auf die grosse Aehnlichkeit hingewiesen werden, welche dieser Saum im Mitteldarm der Insekten mit demjenigen hat, welcher im Dünndarm der Wirbelthiere, also auch hier im Mitteldarm auftritt. Denn auch hier erscheint dieser Saum (auch Deckel genannt) ebenfalls theils als eine von Poren durchbohrte Cuticula und theils in Form von stäbchenförmigen Haaren, welche keine Eigenbewegung besitzen.



Abgesehen von dem verschiedenen Aussehen, welches der Härchensaum annimmt, giebt es auch an dem Epithel selbst noch mancherlei Modifikationen und Veränderungen, aber diese sind weniger an einem und demselben Individuum zu sehen, wo im Gegentheil immer eine grosse Konstanz herrscht, als vielmehr an verschiedenen Individuen, die man mit einander vergleicht, wenngleich sie sich auch anscheinend in gleich günstigem Ernährungszustand befinden. — Sehr häufig zeigt zunächst der freie Rand des Epithels ein buckel- oder wulstförmiges Aussehen, welches sich wohl aus einem ungleichmässigen Wachsen des Epithels erklärt. Die tunica propria ist in diesem Fall immer schwach gefaltet, so dass dieses Aussehen des Epithels nicht etwa auf eine starke Kontraktionswirkung der Muskulatur zurückzuführen ist.

In Betreff der Zellmuttertschicht zeigt sich häufig, dass dieselbe bis gegen vier Lagen von Zellen aufweist, was auf eine starke Zellvermehrung schliessen lässt. Allerdings lässt sich nicht mit Bestimmtheit behaupten, dass diese Zellen wirklich übereinander geschichtet sind, da man an einigen von ihnen sehen kann, dass sie mit einem feinen Ausläufer bis zur tunica propria reichen. Dass aber andererseits alle diese Zellen bis zur tunica propria hinabgehen sollten, lässt sich nicht nachweisen und ist auch nicht wahrscheinlich, da ja durch die Zelltheilung eine Uebereinanderschichtung bedingt ist. — Im entgegengesetzten Falle sind die Mutterzellen nur spärlich vorhanden; sie stehen dann nicht dicht gedrängt sondern einzeln und zwischen ihnen befinden sich die Basaltheile von Hauptepithelzellen mit den Kernkrystalloiden. Es ist wohl anzunehmen, dass die Mutterzellen, welche ursprünglich hier gelegen haben, sich nicht weiter theilten, sondern ausgewachsen sind. — Ausserdem giebt es Individuen, wo im Moment der Abtödtung die Keilzellen sehr selten sind, wo also gewissermassen eine Pause in der Zellvermehrung eingetreten ist, andererseits giebt es Thiere, in deren Darm die becherförmigen Zellen ganz fehlen. Die Hauptzellen sind dagegen im normalen Zustande immer vorhanden, so dass sie ihren Namen mit Recht tragen.

Der Umstand, dass die Becherzellen fehlen können, ist wichtig, wenn man an die Funktion des Mitteldarmepithels, an die Fermentsekretion, denkt. — Wie später gezeigt wird, sind beim Mehlwurm mindestens zwei verschiedene Fermente (oder ein doppeltwirkendes) vorhanden. Man könnte nun vielleicht aus der verschiedenen Form der Zellen schliessen, dass jedes Ferment von einer besonderen Zellform herrührt. Dies ist aber entschieden zu bezweifeln. Denn die Keilzellen dienen nur als Ersatzzellen, und die Becherzellen stellen auch nur einen anderen Entwicklungszustand der gewöhnlichen Epithelzellen dar, wie das Vorkommen des Kernkrystalloids zeigt; und da sowohl die Keilzellen

wie auch die Becherzellen häufig abwesend sind, so kann man ersteren nicht eine besondere Sekretion zuschreiben, da es ja dann während der Verdauung Zeiten gäbe, wo das eine oder das andere Ferment fehlte ein Zustand, der kaum denkbar ist. Immerhin ist es möglich, dass die Becherzellen noch in derselben Weise wie die gewöhnlichen Zellen funktionieren.

Bei dem Leberegel hat Sommer<sup>4)</sup> beobachtet, dass dann, wenn der Darm gefüllt ist, d. h., wenn Verdauung stattfindet, die Epithelzellen des Darmes höher werden, dass aber im Zustand des Hungerns die Zellen von weit geringerer Höhe sind. Diese Beobachtung regte die Frage an, ob sich etwas ähnliches beim Mehlwurm vorfindet. — Um sicher zu sein, ob der Darminhalt schon verdaut ist, wurden die einzelnen Individuen künstlich in das geeignete Verdauungsstadium gebracht, indem sie eine bestimmte Zeit lang fasten mussten.

Bei Versuchsthiereu, welche gut gefüttert wurden und deren Darm gefüllt war, wo also jedenfalls lebhaftere Verdauung stattfand, liessen sich die oben beschriebenen Zustände erkennen, namentlich waren die Hauptzellen, auf welche es hier ankommt, langgestreckt. (Holzschn. Fig. II.)

Eine zweite Reihe von Individuen hatte, nachdem sie längere Zeit hindurch gefressen, gegen 4 Tage lang gehungert. Beim Töden hatte der Mitteldarm nur wenig Inhalt, die Verdauung war also ihrem Ende nahe. Hier zeigten sich die Epithelzellen in den meisten Fällen viel kürzer als im normalen Fall; sie waren nur  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  so lang als dort. Bei einigen Thieren hatte das Epithel eine ziemlich regelmässige Lagerung, bei anderen war eine starke Wulstbildung wahrzunehmen, welche sich in der Weise erklären lässt, dass viele Zellen schon zu Grunde gegangen waren und die Lücken nur unvollkommen ausgefüllt wurden. Die Mutterzellen waren zwar überall vorhanden, sie zeigten aber keine Theilungsstadien. Das Krystalloid sowie der Härchensaum liessen sich überall noch nachweisen.

Bei einem Individuum, welches 14 Tage ohne Nahrung war, liess sich von den Hauptzellen nichts mehr erkennen. Es war nur noch eine Lage von Mutterzellen vorhanden, welche jedoch einen Härchensaum trugen. Ob die Hauptzellen völlig zu Grunde gegangen sind oder nur stark geschrumpft sind, konnte an dem Präparat leider nicht festgestellt werden. Ob also der Härchensaum von den alten Zellen herrührt oder erst von den Mutterzellen ausgeschieden ist, bleibt noch zu untersuchen. Von einem Kernkrystalloid war natürlich in diesem Falle nichts mehr wahrzunehmen. Die Mutterzellen bildeten hier auch nicht eine kreisrunde Linie im Querschnitt, sondern sie waren unter Wulstbildung von der tunica propria abgehoben, während diese letztere sich stark gewellt zeigte.

Während der Häutung, bei welcher das Fressen auf kurze Zeit unterbrochen wird, tritt eine wesentliche Veränderung des Mitteldarmepithels nicht ein, da der Mitteldarm noch nach dem Abwerfen der Haut mit Speise gefüllt ist, während Vorder- und Enddarm leer sind.

Im Gegensatz zum Mitteldarm zeigt der Endabschnitt des Darmkanals wieder ein einfaches Verhalten und ist dem Vorderdarm nicht unähnlich. Während aber dieser zwei Paar verschiedener Wülste aufwies, so werden im Enddarm durch eine ähnliche Einstülpung sechs annähernd gleiche Wülste gebildet (Taf. V. Fig 12). Innen tritt die schon erwähnte Chitintima wieder in ziemlich kräftiger Weise auf. Auch sie zeigt sich geschichtet, aber nicht von Poren durchbohrt. Es folgt dann ein Epithel, welches aus sehr grossen im Querschnitt fast quadratisch erscheinenden Zellen besteht, deren Kern oft eine enorme Grösse hat. Der Umfang der Zellen bedingt es, dass sich in jedem Wulst nur eine geringe Anzahl derselben, etwa 6—8, befinden.

Auch hier kann man in Betreff dieses Epithels dieselben verschiedenen Meinungen haben wie bei dem Vorderdarm, doch dürfte man zu einem ähnlichen Schluss gelangen. Leydig<sup>41)</sup> sagt über das Epithel im Enddarm gar nichts, sondern führt nur H. Meckels Beobachtung an, dass dasselbe im Mastdarm, also im Endtheil dieses Darmabschnittes fehle. Auch Gerstäcker<sup>42)</sup> vertritt diese Ansicht theilweise mit den Worten, dass die Epithellage dem Mastdarm ganz allgemein abzugehen scheint, während Claus bemerkt, dass „im Larvenleben und überall da, wo die Rektaldrüsen fehlen, der Mastdarm von einer gleichmässigen Epithelschicht ausgekleidet wird.“

Aus den Untersuchungen von Basch, Plateau und Anderen kann man den Schluss ziehen, dass sich überall im Enddarm der Insekten, Myriapoden und Arachnoideen ein mehr oder minder ausgebildetes Epithel vorfindet, dessen Bedeutung als Sekretionsorgan von Einigen vermuthet, von Niemand erwiesen, also im höchsten Grade zweifelhaft ist. Man wird daher auch diesem Gewebe, gerade wie es bei dem Vorderdarm der Fall ist, die Rolle einer chitinogenen Membran zuertheilen müssen, wie es Basch gethan hat, da ja auch der Enddarm mit einer chitinisirten Intima ausgekleidet ist. — Nun kommt aber noch die Frage der Resorption in Betracht, eine Frage, welche bisher so gut wie gar nicht in Erwägung gezogen worden ist. Man hat meist angenommen, dass die Aufnahme der verdauten Nahrungsstoffe im Enddarm stattfinde, wogegen man jedoch erstens geltend machen kann, dass die ziemlich starke Chitincuticula hierzu vielleicht wenig geeignet sei, zumal sie bei der Mehlkäferlarve wenigstens nicht von Poren durchbohrt ist. Ferner müsste man, falls die Resorption hier stattfindet, den Epithel-

zellen eine doppelte Funktion zuschreiben, einmal die der Chitinabscheidung und zweitens die der Resorption und das hat ebenfalls sein Bedenken. — Im dritten Theil dieser Arbeit wird hierauf noch einmal Bezug genommen werden.

Die übrigen Gewebe des Enddarms bieten nichts Absonderliches; die tunica propria (Stützmembran) ist etwas dünner, die Muskelschicht etwas stärker als am Mitteldarm.

### III. Physiologie.

#### A. Das Verdauungssekret.

Schon bei Besprechung der histologischen Untersuchungen mussten einige physiologische Erörterungen in Betracht gezogen werden; es harren aber noch eine Reihe von Fragen ihrer Beantwortung.

Wenn man bei der früher besprochenen mikrochemischen Untersuchung die Mitteldarmstücke auf dem Objectträger mit Ammoniak behandelt, so erscheinen nach kurzer Zeit unter dem Deckglas vielgestaltige Krystallconglomerate. Diese sind theils federförmig, theils kammförmig, sternartig angeordnet oder auch als zerstreut liegende einfache Stäbchen zu sehen. Ihre Grösse ist so gering, dass sie erst bei 300facher Vergrößerung deutlich erkennbar sind. Gut ausgebildete Krystallformen sind jedoch nicht vorhanden, so dass man die Substanz, aus welcher sie bestehen, nicht unmittelbar feststellen kann. Genau dieselben Gebilde entstehen, wenn man nur zu dem Darminhalt das Reagenz hinzusetzt oder auch wenn man einen andern Darmabschnitt z. B. den Enddarm und seinen Inhalt damit behandelt. Dagegen lassen sie sich nicht nachweisen, wenn man die Darmstücke entleert und längere Zeit in Wasser ausspült. Diese Krystalle rühren also scheinbar nicht von den Geweben des Darmes, sondern von dessen Inhalt her, doch kann man aus den Nahrungsstoffen, welche in diesem Falle aus Stärke und Kleie bestehen, keine derartigen Krystalle erhalten. Allerdings hat dies wenig Beweiskraft, da die Nahrung bei der Verdauung so verwandelt werden könnte, dass sich aus ihr bei Zusatz von Ammoniak obige Krystalle ausscheiden. — Der Ursprung derselben lässt sich jedoch auf andere Weise als von dem Ferment oder von den Fermentzellen herrührend nachweisen, allerdings nicht bei dem Mehlwurm direkt; denn wenn man die Mitteldarmstücke längere Zeit hindurch auswäscht, so werden dadurch die Extractivstoffe ausgezogen, so dass aus diesem Grunde keine Krystalle entstehen können; spült man aber nur oberflächlich aus, so wird der Speisebrei nicht vollständig entfernt, welcher Umstand zu Irrthümern Veranlassung geben kann.



Nimmt man dieselben Operationen an anderen Insekten vor, wie dies beispielsweise bei mehreren Carabusarten, bei dem Mehlkäfer, bei *Musca domestica* (Imago und Larve), bei *Pyrrhocoris apterus*, bei *Blatta orientalis* und bei *Chrysopa reticulata* vom Verf. geschehen ist, so findet man überall dieselben Krystallformen bei Ammoniakzusatz. Man muss also zu der Ueberzeugung kommen, dass die Nahrung (Speise) diese Körper nicht liefern kann, denn dieselbe ist doch bei den angeführten Thieren durchaus verschieden und enthält bei den Fleisch fressenden z. B. nur sehr geringe Mengen von Magnesium. Bei dem Kleie fressenden Mehlwurm ist sogar die Masse der auftretenden Krystalle durchaus nicht bedeutender als bei den anderen Insecten. Noch mehr spricht hierfür der Umstand, dass auch die Mitteldarmzotten („Leber“) der *Blatta*, welche keine Speise aufnehmen, sondern nur Verdauungsdrüsen sind, dieselbe Erscheinung zeigen. — Es geht also daraus hervor, dass nur das in dem Darminhalt oder in dem Epithel enthaltene Sekret es ist, welches zu der Bildung der Krystallformen Anlass giebt.

Zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der Krystallconglomerate wurden auch hier die mikrochemischen Reactionen in ähnlicher Weise wie bei den Kernkrystallen vorgenommen, denn an eine makrochemische Analyse war noch nicht zu denken, so lange dieselben nur auf dem Objektträger dargestellt werden konnten.

### Resultat der Reactionen.

Die untersuchten Sekretkrystalle sind im Allgemeinen schwer löslich in Säuren, unlöslich sind sie in Alkalien, sowie in Salzen und anderen indifferenten Flüssigkeiten, namentlich in Alkohol und Wasser. Aus ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und ihrer Nichtfärbbarkeit mit Jod kann man vermuthen, dass sie eine anorganische Substanz seien; aus ihrem Verhalten gegen Chlorammonium sowie aus einer gewissen Aehnlichkeit der verschiedenen Krystallformationen mit denen des Ammonium-Magnesiumphosphat<sup>43)</sup> kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Identität mit diesem Körper schliessen. Noch grösser wird diese Wahrscheinlichkeit, wenn man eine makrochemische Analyse der Substanzen vornimmt, aus welchen die Krystalle bei Zusatz von  $\text{NH}_3$  entstehen. Bei nicht zu kleinen Insekten liesse sich eine solche Analyse leicht ausführen, indem man den Darminhalt untersucht; bei den Mehlwürmern darf man dies aber nicht thun, da sie, wie schon oben bemerkt, von Substanzen leben, welche Magnesium in nicht unbeträchtlicher Menge enthalten. Man kann sich jedoch dadurch helfen, dass man das Epithel des Mitteldarms auf seine Bestandtheile prüft, da ja aus ihnen das Sekret ausgeschieden wird. Zwar kann man hierzu

das Epithel nicht von den übrigen Geweben des Mitteldarms trennen, so dass deren Bestandtheile einen Irrthum herbeiführen könnten, doch kommt in diesem Falle eine solche Gefahr kaum in Betracht. Wie bekannt, besteht die Wandung des Mitteldarms aus dem Epithel, dem Bindegewebe und der Muskulatur; dazu kommen noch einige Nerven- und Tracheenverzweigungen. Diese Gewebselemente können aber vernachlässigt werden, da sie quantitativ überhaupt zurücktreten und da ihr Gehalt an Mg. ein verschwindender ist. Nur die Muskulatur ist verhältnissmässig stark entwickelt, doch enthalten alle bisher untersuchten Muskeln so geringe Mengen von Mg., dass auch sie keine beträchtliche Fehlerquellen bieten.

. Man kann also die Mitteldärme der Mehlwürmer in der Weise untersuchen, dass man sie von dem anhaftenden Fettgewebe u. s. w. befreit und mittels Ausdrückens und sorgfältigen Auswaschens ihres Inhaltes beraubt. Um ein sicheres Resultat zu erhalten, muss man mindestens 15—20 Därme in dieser Weise vorbereiten, dann zerreibt man sie und zieht sie mit Salzsäure aus. Das klare Filtrat wird etwas eingedampft und der Analyse (nach Städeler's Leitfaden) unterworfen, welche eine ziemlich beträchtliche und deutlich wahrnehmbare Menge von Mg. nachweisen lässt. Ebenso findet man Phosphor bei dem Säurenachweis. — Mag nun auch ein Theil des Mg. aus den Muskeln herühren, so ist doch die durch die Analyse gewonnene Menge entschieden grösser als in den Muskeln allein enthalten sein könnte, so dass man also mit Recht behaupten darf, dass die zur Bildung der Sekretkrystalle nöthige Menge von Mg. und P. in dem secernirenden Epithel vorhanden ist. — Allerdings ist damit noch nicht unbedingt bewiesen, dass beide Stoffe in der That sich mit Ammoniak zu den Krystallen vereinigen, denn es liessen sich ausser denselben noch bedeutende Mengen z. B. von Ka und Na nachweisen, welche Stoffe möglicherweise dasselbe thun konnten.

Da es nur schwer möglich sein dürfte, die Sekretkrystalle aus dem Mehlwurmdarm in so grosser Quantität darzustellen, dass man sie makrochemisch analysiren könnte und da die mikrochemische Methode doch noch zu unsicher ist, so musste die Untersuchung dieser Krystalle bei den Insekten wenigstens abgeschlossen werden. — Die Aehnlichkeit aber, welche das Verdauungsferment der Insekten mit dem Pancreassaft der Wirbelthiere hat, liess die Frage entstehen, ob nicht vielleicht auch im Pancreas sich derartige Krystalle bilden könnten, zumal ja in dieser Drüse und ihrem Sekret das Vorhandensein von Mg. und P. besonders beim Menschen und bei Säugethieren erwiesen ist. In der That zeigten kleine Stückchen von der Bauchspeicheldrüse mehrerer Wirbelthiere (Frosch, Kaninchen, Hund und Schwein) auf dem Objektträger bei

Zusatz von Ammoniak genau dieselben Krystallconglomerate, wie dies bei den Darmstücken der Insekten der Fall war. Auch die mikrochemischen Proben stimmten sämmtlich überein, so dass die Identität dieser Krystalle mit denen der Insekten ausser Zweifel ist. Diese aus der Pankreasdrüse gewonnenen Krystalle können aber nur aus phosphorsaurer Ammoniakmagnesia bestehen, was sich auch bei der Analyse als richtig erweist.

Nachdem auf diese Weise das Vorhandensein von Mg. und P. im Darne des Mehlwurmes, sowie einer Anzahl ganz verschiedener Insekten (*Coleopteren*, *Orthopteren*, *Neuropteren* und *Hemipteren*) constatirt ist, können beide Stoffe wohl als typische Bestandtheile des Verdauungsekrets aller Hexapoden und vielleicht auch aller Arthropoden überhaupt angesehen werden. Es ist daher etwas auffällig, dass Plateau sie nicht bei seinen Analysen gefunden hat. So konnte er bei *Lithobius forficatus* kein Phosphat nachweisen, ebensowenig bei Dytisciden und Carabiden. Bei letzteren beiden Familien fand er auch kein Magnesium. Wahrscheinlich war jedoch die Quantität der von Plateau untersuchten Materien eine zu geringe, um die allerdings nicht grosse Menge jener beiden Stoffe finden zu lassen. —

Von Krukenberg<sup>44)</sup> wissen wir, dass das Verdauungsferment, welches die Insekten in oder an ihrem Darm secerniren, ein tryptisches ist, d. h. dass es mit dem des Pancreas grosse Aehnlichkeit hat. Diese tryptische Funktion des Verdauungsekrets ist nun bei dem Mehlwurm mit Leichtigkeit nachzuweisen. — Nachdem die Därme, wie früher angegeben ist, aus einer grösseren Anzahl von Individuen entnommen sind, werden sie zunächst in Wasser abgespült und von den Anhängen befreit. In einem anderen Gefäss mit Wasser werden sie in kleine Stücke geschnitten, ausgedrückt und ausgespült und hierauf mit wenigen Tropfen destillirten Wassers in einem Uhrsälchen fein zerrieben. Dies Uhrsälchen wird dann nach Plateau's Angabe in eine Schale mit Wasser gesetzt, um ein Eintrocknen zu verhindern, und dann in einem Brütöfen einer Temperatur von 20° bis 30° C. ausgesetzt, nachdem man die zu verdauende Substanz in die Masse gebracht hat. Diese Masse war in allen Fällen ohne Einfluss auf Lackmuspapier.

### 1. Diastatisches Ferment.

Da sich die Mehlwürmer besonders von Kohlehydraten (Mehl, Stärke u. s. w.) ernähren, so ist zu erwarten, dass das diastatische Ferment reichlich vorhanden sei. — Setzt man zu dessen Nachweis etwas dünnflüssige gekochte Stärke zu der Verdauungsmasse und lässt diese einige Zeit lang stehen, so zeigt schon nach circa einer halben Stunde die Trommersche Probe die Anwesenheit von Traubenzucker an.

Diese Operation ist übrigens besser in einem Reagenzglase vorzunehmen, da ein Aufkochen des Gemisches die Probe deutlicher macht. Auch ist es nöthig, vorher einen Controllversuch mit der gekochten Stärke anzustellen, um sich zu überzeugen, dass dieselbe keinen Zucker enthalte und den orangefarbenen Niederschlag nicht eintreten lässt. — Auf solche Weise lassen sich mit derselben Verdauungsmasse ganz beträchtliche Mengen von Stärke in Zucker überführen, so dass man also das diastatische Ferment mit Sicherheit nachzuweisen im Stande ist. Dieses Ferment kann nur von dem Epithel des Darmtrakts herühren, da besonders entwickelte Speicheldrüsen den Mehlwürmern zu fehlen scheinen<sup>45)</sup>.

## 2. Eiweissverdauendes Ferment.

Wenngleich die Kohlehydrate einen Hauptbestandtheil der Nahrung des Mehlwurms ausmachen, so haben diese Thiere doch immer Gelegenheit, eiweisshaltige Substanzen zu geniessen, so z. B. in der Kleie, und dieses Eiweiss wird so kräftig verdaut, dass man die Nothwendigkeit einer solchen Nahrung für den Mehlwurm schon aus diesem Umstande schliessen könnte. — Zu der nach obigem Verfahren zubereiteten Verdauungsmasse wird ein Stückchen Fibrin gelegt, das beispielsweise aus geschlagenem Rinderblut gewonnen und in Alkohol conservirt ist. — Das Fibrinflöckchen quillt nicht auf, sondern nimmt eine durchscheinend schwärzliche Farbe an, und zerfällt allmählig in einzelne Theile. Nach mehreren Stunden ist es völlig verschwunden und die ganze Masse hat ein schwärzliches, aber wenig getrübbes Aussehen. Nach und nach werden noch weitere Fibrinflocken in das Gläschen gelegt und diese zeigen die gleiche Erscheinung. Das Fibrin wird also leicht gelöst und, wie die Peptonprobe zeigt, in Pepton übergeführt.

Nicht uninteressant ist die Beobachtung, dass auch die kleingeschnittenen Darmstücke allmählig verdaut werden, so dass auch eine postmortale Selbstverdauung stattfindet, ähnlich wie im Magen eines Menschen, der eines plötzlichen Todes gestorben ist. — Die Selbstverdauung lässt sich auch in der Weise nachweisen, dass man einen Mehlwurm tödtet und einige Zeit liegen lässt; beim Oeffnen des Thieres findet man den Darm, besonders den Mitteldarm, am frühesten zerstört.

## 3. Einwirkung auf Fett.

Wie die Erfahrung lehrt, können sich die Mehlwürmer von Mehl und Kleie völlig ernähren. Beide Substanzen enthalten aber sehr geringe Mengen von Fett, so dass also die Mehlwürmer nicht viel davon bedürfen oder dasselbe vielleicht ganz entbehren können, wie die betreffenden Verdauungsversuche zeigen. — Bekanntlich wird das Fett



durch den Pancreassaft der höheren Thiere nicht völlig chemisch verändert, sondern zum grossen Theil nur in eine feine Emulsion übergeführt<sup>46)</sup>, welche schon mit blossem Auge wahrnehmbar ist, wenn man z. B. zu etwas Oel einen Tropfen Pancreassaft hinzufügt. Wird nun zu der Verdauungsmasse ein Tröpfchen ganz reinen Olivenöls gebracht, so lässt sich eine Emulsion nicht sicher erkennen. Es tritt zwar nach längerer Zeit am Rande des Fetttropfens eine milchige Trübung ein; ob dieselbe aber von dem Verdauungsferment herrührt, bleibt sehr zweifelhaft, da ein Tröpfchen Fett, das in Wasser geflossen ist, dieselbe Erscheinung eintreten lässt. Es ist daher sehr wohl möglich, dass das Fett in diesem Falle von der Einwirkung der Luft ranzig wird und daher die schwache Emulsion zeigt, so dass man also den Mehlwürmern die Fähigkeit, Fett zu verdauen, absprechen kann. — Dies wäre durchaus nicht so auffallend, wie es auf den ersten Blick erscheint. So wird z. B. das Nuclein, also eine eiweissartige Substanz nach den Untersuchungen von A. Bókay<sup>47)</sup> fast gar nicht verdaut; fleischfressende Thiere haben viel weniger das Vermögen, Cellulose in ihrem Darmkanal aufzulösen als pflanzenfressende. Horn wird von vielen Thieren gar nicht, von der Kleider- (Pelz-) Motte dagegen sehr gut als Nahrung verwendet und Chitin wird nur von verhältnissmässig sehr wenigen Thieren zur Verdauung gebracht. — Wenn noch dazu ein Thier nicht in die Lage kommt, irgend eine Substanz zu verzehren, dann braucht es ja auch nicht die Fähigkeit zu haben, diese Substanz zu verdauen\*). Und dies ist jedenfalls beim Mehlwurm der Fall. —

Nachdem durch den Versuch festgestellt ist, dass die Mehlwürmer überhaupt Eiweiss-Stoffe verdauen, fragt es sich, ob diese Verdauung eine mehr peptische oder mehr tryptische ist, d. h. ob die Verdauung auch bei saurer oder alkalischer Reaktion vor sich gehen kann. — Da aber die Verdauungsmasse weder die eine noch die andere Reaktion erkennen lässt, so muss man einen entsprechenden Zusatz einer Säure resp. eines Alkalis machen. In dem einen Falle nimmt man stark verdünnte Salzsäure, im anderen Falle ebensolche Sodalösung.

1) Nachdem zu der gewöhnlichen Verdauungsmasse einige Tropfen HCl-Lösung gebracht sind, so dass dieselbe ganz schwach sauer reagirt, jegt man eine Fibrinflocke hinein, durch den Einfluss der Säure quillt diese bald auf, wird aber nicht gelöst, selbst wenn man den Versuch auf 48 Stunden ausdehnt. Auch eine Schwärzung der Masse ist nicht zu beobachten.

\*) Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass es diese Fähigkeit nicht haben kann.

2) Ganz anders ist es bei Zusatz von  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Die Fibrinflocke zerfällt in ganz kurzer Zeit in mehrere Stücke, welche sich nach Verlauf einiger Stunden gelöst zeigen. Die ganze Masse nimmt wie bei den früheren Versuchen eine schwärzliche Färbung an. — In derselben Weise werden noch mehrere andere Fibrinstückchen gelöst, welche in dieselbe Masse gebracht werden, so dass es augenscheinlich ist, dass eine entschieden tryptische Verdauung stattfindet.

Obwohl man schon der histologischen Verhältnisse wegen zu der Ansicht kommen muss, dass der Sitz der Verdauung im Mitteldarm ist, so ist diese Ansicht doch noch durch das Experiment zu bestätigen und zur Gewissheit zu machen. Es gilt namentlich festzustellen, ob das diastatische und das tryptische Ferment in verschiedenen Theilen des Darmkanals abge sondert wird und ob beide Fermente lokal getrennt oder vereinigt wirken.

Der Vorderdarm ist so eng und kurz, dass in ihm eine wirkliche Verdauung kaum stattfinden kann und er dient daher nur zur Vertheilung der Nahrung und als Weg für dieselbe zum Mitteldarm. Dass das Epithel des Vorderdarms ein Ferment liefert, ist schon früher als zweifelhaft bezeichnet worden. — Die ganze Fläche des Mitteldarms wird dagegen von einem stark entwickelten Epithel bedeckt, dessen fermentsecernirende Funktion schon aus seiner Lage im Mitteldarm höchst wahrscheinlich ist. Da aber die Zellen dieses Epithels, wie gezeigt worden, die Ueberosmiumsäure fast gar nicht reduciren, so müsste ihnen nach Nussbaum's Theorie eine solche Funktion abzusprechen sein. Welche Funktion sie aber dann haben würden, liesse sich kaum vermuthen; dass ihre Thätigkeit andererseits eine bedeutende sein muss, geht aus der grossen Ausbreitung dieses Epithels hervor. Eine nur resorbirende Funktion aber könnte man diesen Zellen schon deshalb nicht zuschreiben, weil ja die Nahrung vor der Resorption verdaut sein muss und weil zu dieser nicht nur zeitlich, sondern auch örtlich vorhergehenden Verdauung kein Raum und kein Ferment vorhanden wäre.

Die Verdauungsmasse wird in ähnlicher Weise wie früher hergestellt. Um jede Spur eines Ferments zu entfernen, welches von einem anderen Theile herrührend sich im Lumen dieses Darmtheiles möglicherweise finden könnte, ist hier ein sorgfältiges Auswaschen ganz besonders erforderlich. — Legt man nun in diese Masse ein Stückchen Fibrin, so tritt in kurzer Zeit eine Auflösung desselben und eine Schwärzung der Masse ein. Auch bei von Neuem hinzugebrachten Fibrinstücken geschieht dasselbe, und ebenso verschwinden die Darmstücke allmählig. — Der ganze Vorgang stimmt so genau mit dem am ganzen Darm beobachteten überein, dass an einer Verdauung des

Fibrins nicht zu zweifeln ist. — Zu bemerken bleibt noch, dass bei Ansäuerung auch hier keine Verdauung, bei Zusatz von Soda dagegen eine kräftige Verdauung zu beobachten ist.

Das tryptische Ferment wird also unzweifelhaft von den krystallhaltigen Zellen des Mitteldarms gebildet, so dass hiermit die Allgemeinheit der Nussbaumschen Theorie bestritten ist, da ja Nussbaum selbst sagt: „Gewicht hätte erst die Auffindung einer Drüse mit evidentem Fermentgehalt und gleichzeitigem Indifferentismus gegen Ueberosmiumsäure.“

Neben diesem tryptischen Ferment wird aber auch das diastatische von derselben Zellenart des Mitteldarms secernirt, wie ein entsprechender Versuch zeigt. Man hat nur anstatt des Fibrins etwas gekochte Stärke in die Verdauungsmasse zu bringen, worauf man nach einiger Zeit durch die Trommersche Probe den Traubenzucker nachweisen kann.

Ausserdem wurde schliesslich noch die Einwirkung des Mitteldarms auf Fett untersucht und, wie nicht anders zu erwarten, war auch hier ebensowenig wie bei den Versuchen mit den vollständigen Därmen eine sichere Wirkung festzustellen.

Das verdauende Sekret, d. h. das tryptische und das diastatische Enzym, wird also unzweifelhaft von dem Epithel des Mitteldarms gebildet. Uebrigens erscheint es durchaus nicht bedenklich, wenn man einer und derselben Zellenart zwei Fermente zuschreibt; denn im Pancreas der Wirbelthiere, welches ja auch nur eine Art von Sekretzellen enthält, ist dies mit Sicherheit festgestellt. —

Nachdem nun nachgewiesen ist, dass die Mehlkäferlarven über zwei verschiedene kräftig wirkende Fermente verfügen, so frägt es sich, ob diese Thiere auch unbedingt einer Nahrung bedürfen, welche sowohl Kohlenhydrate als auch Eiweiss-Stoffe zugleich enthält, oder ob die eine oder die andere Art der Nahrung allein für sie genüge. — Zu dem Zwecke wurden einige Fütterungsversuche angestellt und zwar derart, dass einige Individuen nichts als Stärke zur Nahrung erhielten, zu welcher von Zeit zu Zeit sehr dünne Salzlösungen hinzugesetzt wurden, um die Nahrung genügend feucht zu erhalten und die fehlenden Salze zu ersetzen. Da die Mehlwürmer überhaupt Stärke mit Vorliebe fressen, so hatte gerade dieser Versuch Aussicht auf einen sichern Erfolg. — Schwieriger gestaltet sich jedoch die Sache, wenn man nur Eiweissnahrung reichen will. Hierzu würde sich ja reines Blutfibrin eignen; aber einerseits vertrocknet dieses sehr schnell, so dass es immer ersetzt werden muss, und andererseits liess sich nicht mit Bestimmtheit behaupten, dass es gefressen wurde, obgleich auch hier die



302 *Joh. Frenzel: Bau und Thätigkeit des Verdauungs-*

nöthigen Salze nicht fehlten. Zuerst kosteten die Thiere freilich davon, später aber liess sich nicht beobachten, dass sie noch davon frassen. Sterben die Thiere also in diesem Falle, so kann es ebensowohl möglich sein, dass sie wegen gänzlichen Nahrungsmangels verhungern, wie auch dass dieselben nur wegen der einseitigen Nahrung zu Grunde gehen.

Bei beiden Fütterungsversuchen zeigten sich die Exemplare im Zeitraum der ersten 14 Tage anscheinend normal, nur fanden keine Häutungen während dieser ganzen Zeit statt. Auch frassen die mit Fibrin gefütterten Thiere begierig rothgefärbtes Papier, welches nach einiger Zeit unverändert den After verliess, ein Zeichen, dass sie nach anderer Speise verlangten. — Der Darmkanal derjenigen Thiere, welche nur Stärke bekamen, hatte sehr wenig Inhalt; es liess sich im ganzen Vorder- und Mitteldarm und im grössten Theil des Enddarms keine Stärke finden, und nur im Mastdarm und im Koth waren eine grosse Menge theils völlig unveränderter, theils schon geplatzter Stärkekörner zu erkennen. Es geht also daraus hervor, dass anfänglich die Stärke gefressen wurde, dass aber ein grosser Theil derselben nicht zur Verdauung gelangte, obgleich doch die Fähigkeit dazu vorhanden ist. Denn dass letzteres der Fall ist, zeigen einerseits die früheren Verdauungsversuche, andererseits der Umstand, dass bei normaler gemischter Nahrung von der gefressenen Stärke im Enddarm und im Koth nur selten sich Ueberbleibsel befanden. Ohne Zweifel veranlasst die Einseitigkeit der Nahrung eine Verdauungsstörung, so dass selbst verdauliche Substanzen den Darm unverändert verlassen. Wieviel von der aufgenommenen Stärke bei diesem Versuch überhaupt noch verdaut und resorbirt wurde, lässt sich kaum feststellen, der Umstand aber, dass fast der ganze Darmkanal leer war, beweist zur Genüge, dass diese einseitige Nahrung für die Mehlkäferlarve eine unbefriedigende und ungenügende ist.

Dieselben Symptome zeigen sich auch bei den mit Fibrin gefütterten Individuen und wengleich sich gegen dieses Experiment, wie schon erwähnt, manches einwenden lässt, so kann man wohl analog dem vorigen Versuch denselben Schluss ziehen und die Fibrinnahrung für nicht ausreichend ansehen. — Zeichen wirklichen Verhungerns liessen sich allerdings in beiden Versuchen selbst nach 3 Wochen nicht wahrnehmen, wie es sonst der Fall zu sein pflegt; doch kann dies nicht als Gegenbeweis gelten, da es ja den Versuchsthieren nicht völlig an Speise fehlte, denn Wasser und Salze standen ihnen in ausreichendem Masse zu Gebote.

## B. Die Resorptionsfrage.

Schon bei der Besprechung des histologischen Aufbaus des Darmtractus kam die Frage zur Berücksichtigung, in welchen Theilen des Darmkanals die Aufnahme der verdauten Nahrungsmittel stattfindet. Es können hier drei Fälle als möglich angesehen werden, nämlich, dass erstens die Resorption durch das Epithel des Mitteldarms allein geschieht, zweitens, dass dieselbe allein im Enddarm vor sich gehe und drittens, dass sie sich auf beide Darmabtheilungen vertheile. Zunächst muss aus der Analogie mit den Vorgängen bei anderen in dieser Hinsicht beobachteten Thieren (Säugethieren u. s. w.) als sicher angenommen werden, dass die Epithelzellen des Darms die verdauten Substanzen aufnehmen und dass diese letzteren nicht etwa sich gewissermassen zwischen den Zellen hindurchdrängen, wie man früher wohl geneigt war anzunehmen. Die Resorption des auf's feinste zertheilten Fettes durch die Zellen hindurch ist ja als unzweifelhaft erwiesen<sup>49</sup>). — Für den ersten Fall, dass die Resorption schon im Mitteldarm geschehe, sprechen die Beobachtungen Sommers am Leberegel (*Distomum hepaticum*), in dessen Mitteldarm die Resorption durch die Thätigkeit des Epithels zu Stande kommt. Allerdings ist hier eine Resorption durch den Enddarm schon aus dem Grunde ausgeschlossen, weil ein solcher bei dem Leberegel gar nicht vorhanden ist. Auch im Magen der höheren Thiere (Mensch, Säugethier), wo die Verdauung doch erst eingeleitet wird, findet schon eine Aufnahme, besonders von Flüssigkeiten (Alcohol) wie auch von Peptonen<sup>50</sup>), ja sogar von unverdaulichem flüssigen Eiweiss statt. Der Einwand, dass die Zellen des Mitteldarms nicht die Resorption ausführen könnten, weil sie bereits die Funktion der Verdauungsfermentsekretion haben, ist hinfällig, denn bei dem Leberegel geschehen beide Vorgänge durch die nämlichen Zellen wie Sommer nachgewiesen hat. — Gegen die Aufnahme der verdauten Substanzen im Mitteldarm lässt sich dagegen mit grossem Rechte anführen, dass doch der bei manchen Insekten oft stark entwickelte Enddarm (*Osmoderma eremita* Larve) nicht allein die Aufgabe haben könne, die fertigen Exkrete abzuführen, sondern dass es nicht unwahrscheinlich ist, dass im Enddarm mit Hülfe des Mitteldarmsekrets eine weitere Verdauung, folglich auch eine Resorption stattfindet. Die bedeutende Grösse der Hypodermiszellen im Enddarm macht dies um so glaublicher. Auch kann man leicht sehen, dass im Enddarm die Aufsaugung von flüssigen Substanzen vor sich gehen kann und muss, denn der Inhalt des vorderen Enddarms ist meist dünnflüssiger als der zu entleerende Koth, was auch

bei vielen anderen Insekten der Fall ist, (Maikäfer, Engerlinge u. s. w.) In den meisten Fällen besteht auch der Enddarm aus mindestens zwei besonderen Theilen, einem Dünn- und einem Mastdarm, welche beide in ihrer histologischen Struktur häufig verschieden sind, so dass man auch aus diesem Grunde eine bestimmte Zweckmässigkeit wenigstens vermuthen kann. — Die Möglichkeit der Resorption im Enddarm wurde bisher sogar meist als Thatsache betrachtet. Nur Basch glaubt, dass die Aufnahme im Mitteldarm stattfindet, ohne dafür allerdings genügende Beweise beizubringen. — Es findet jedoch bei den höheren Thieren in dem Dickdarm, welchen man dem Enddarm angehörend betrachtet, eine sehr lebhaftere Resorption statt. In Betreff der Insekten aber ist nicht zu leugnen, dass die Chitinintima des Enddarms der Resorption in gewissem Grade hinderlich sein muss, denn ihre Dicke ist eine nicht unbedeutende und von Porenkanälen ist sie nicht durchbohrt. Wenn eine Resorption hier stattfinden sollte, so wäre es doch entschieden zweckmässiger, wenn im Enddarm, wenigstens in einem Theil desselben, die Intima ganz fehlte, wie es im Mitteldarm der Fall ist. Bei allen bisher untersuchten Insektendärmen ist aber diese chitinierte Intima stets gefunden worden.

Da nun die Möglichkeit einer stattfindenden Resorption im Mitteldarm einerseits und im Enddarm andererseits nicht aus den bisherigen Erfahrungen bestritten werden kann, so gewinnt der letzte Fall an Wahrscheinlichkeit, nämlich dass beide Darmabschnitte dabei theilhaftig sind. — Um daher diese Frage experimentell zu beantworten, wurden einige Fütterungsversuche mit theils gelösten, theils ungelösten Farbstoffen angestellt, in der Hoffnung, dass diese vielleicht bei der Resorption die betreffenden Zellen färben oder sich als Körnchen darin finden würden, wie man dies im Darm von Wirbelthieren beobachtet haben will. Leider waren aber sämmtliche Versuche in dieser Hinsicht ohne Erfolg und nur der Vollständigkeit halber mögen sie hier Platz finden, da noch ein anderer Punkt hierbei zu berühren ist. — Wie nämlich C. Brandt<sup>51)</sup> gezeigt hat, wird bei gewissen niederen (einzelligen) Thieren Fett lebender Gewebe durch Aufnahme von wässrigem Bismarckbraun gefärbt; ebenso nehmen die Zellkerne mancher lebender Thiere, Amöben etc. bei Fütterung mit Hämatoxylinlösung diesen Farbstoff auf. — Ob und wie weit etwas Aehnliches bei den Arthropoden, speziell bei der Mehlkäferlarve, möglich ist, kann bei den anzustellenden Fütterungsversuchen zugleich festgestellt werden.

Diese Fütterungsversuche wurden in der Weise vorgenommen, dass ein Gemisch von Stärke und Brotkrumen mit der wässrigen Lösung des Farbstoffs oder mit dem angefeuchteten Farbpulver innig ver-



menget und stets etwas feucht gehalten wurde, so dass die Mehlwürmer eine völlig ausreichende Nahrung erhielten.

1) Die mit Bismarckbraun-Lösung gemischte Speise, wobei die Stärkekörner nicht gefärbt waren, schien den Versuchsthiere wenig zu schmecken, so dass sie nur eine geringe Menge davon frassen. Innerhalb eines Zeitraums von drei Wochen zeigten sie fast gar keine Weiterentwicklungs- und Wachsthumerscheinungen und waren schliesslich sehr matt. Obwohl sie immerhin von dem Farbstoff etwas in den Darm aufgenommen hatten, so waren doch weder das Epithel des Darms noch der Fettkörper oder andere Organe irgend wie gefärbt\*).

2) Bei der Anwendung von Hämatoxylinfärbung wurden mehrere Verfahren eingeschlagen. — Zunächst wurde die gebräuchliche Böhmerische Hämatoxylin-Alaunlösung mit Stärke und Brot vermischt, wobei sich die Stärkekörner stark färbten. Wahrscheinlich wegen des Alaungehalts wurden jedoch auch hier nur sehr geringe Mengen dieses Futters gefressen, denn beim Oeffnen der Versuchsthiere war der ganze Darm fast leer. Im Enddarm zeigten sich noch viele Stärkekörner unverdaut und selbst im Koth, dessen Farbe deutlich violett ist, war noch eine Menge von Stärkekörnern enthalten. Diese Stärkekörner erwiesen sich jetzt jedoch als farblos und die Färbung des Koths rührt von seinen anderen Bestandtheilen her. — Obgleich es nun scheint, als wenn ein Theil des Farbstoffs im Darne zurückbleibt, so war doch eine Färbung der Gewebelemente nicht zu beobachten. Selbst die Zellkerne, welche sich im todten Zustande mit dieser Hämatoxylinlösung ausgezeichnet färben, blieben blass und unverändert, und auch die Malpighischen Gefässe zeigten keine Abweichung von ihrer gewöhnlichen Färbung.

3) Um das Futter schmackhafter zu machen, wurden die Hämatoxylinkrystalle einfach in Wasser gelöst. Doch nahmen die Stärkekörper diese schön röthlich-violette Farbe nicht an, auch erhielt die ganze Mischung beim Eintrocknen ein schmutzig braunes Ansehen, welches sich auch bei späterem Anfeuchten nicht wieder änderte. — Wie immer, so war auch hier nach Verabreichung des Futters etwas gefressen worden und sogar bedeutend mehr als bei anderen Versuchen,

---

\*) Nur fand sich auffälliger Weise in zwei verschiedenen Fällen, dass einzelne Stellen in den Tracheenästchen am Darm eine bräunliche Farbe angenommen hatten. Auf welche Weise der Farbstoff dorthin gelangt sein sollte, ist räthselhaft; bei Thieren, welche nicht mit Farbstoff gefüttert wurden, war niemals eine solche Erscheinung zu bemerken.

denn beim Oeffnen des Leibes zeigte sich die hintere Hälfte des Mitteldarms und der ganze Hinterdarm mit einer intensiv violetten Masse gefüllt. Die vordere Hälfte des Mitteldarms war fast leer. — War schon die violette Färbung der Darmmasse auffällig, da ja das Futter bräunlich war, so war es noch auffälliger, dass sogar die vorher ungefärbten Stärkekörner diese Farbe angenommen hatten und zwar erschienen sie mehr vorn im Darm noch weiss, etwas weiter nach hinten waren sie blau und zuletzt blau-violett. Da diese wässrige Hämatoxylinlösung auf Zusatz von einigen Tropfen Ammoniak eine solche Farbe annimmt und dann Stärkekörner zu färben im Stande ist, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass sich während der Verdauung ein Alkali, vielleicht  $\text{NH}_3$  im Darne bildet, welches diese Erscheinung hervorruft. — Auch hier finden sich im Enddarm eine Menge unverdauter Stärkekörner, welche beim Quellen und Platzen die violette Farbe wieder verlieren. Wo diese aber bleibt, lässt sich nicht ermitteln; jedenfalls zeigte sich weder im Epithel des Mitteldarms noch in dem des Enddarms irgend eine Färbung. Auch die Malpighischen Gefässe sind normal.

4) Wie oben erwähnt, werden Stärkekörner von wässriger Hämatoxylinlösung nur bei Gegenwart eines Alkali gefärbt. Daher wurden gleichzeitig mit dem vorigen Versuch mehrere Individuen mit einem entsprechenden Gemisch gefüttert. Auch hier war nach ungefähr 8 Tagen nur die hintere Hälfte des Mitteldarms und der Enddarm mit der violetten Masse gefüllt, während die vorderen Theile fast leer waren. Der Koth im Mastdarm sowie der ausgeschiedene ist normal bräunlich, enthält also keinen Farbstoff mehr. Ferner finden sich hier im Enddarm ebenfalls eine Menge unverdauter noch gefärbter Stärkekörner, während andere gequollen, geplatzt und verblasst sind. Der Inhalt der Malpighischen Gefässe ist der gewöhnliche. — Wenngleich es demnach scheint, als wenn das Hämatoxylin im Körper verbleibe, so liess sich dasselbe jedoch nirgends nachweisen, besonders nicht in den Darmepithelien.

5) In derselben Weise wie bei den vorigen Versuchen wurde eine Speise mit angefeuchtetem pulvrigen Carmin hergestellt. Auch hier hatten wieder einige Darmtracheen theils eine rothbraune Färbung angenommen, theils waren sie an einzelnen Stellen durch eine ebenso gefärbte Masse pfropfartig verstopft. Nach dreitägiger Fütterung erwies sich die vordere Darmhälfte nur schwach gefüllt, während namentlich der Enddarm mit rothen Massen erfüllt war. Die gefressene Stärke war nicht gefärbt und grossentheils unverdaut; auch im Koth zeigten sich neben den Carminkörnchen eine grosse Anzahl von Stärkekörnern. Die

Gewebe des Darms hatten keinen Farbstoff aufgenommen, sondern dieser wurde völlig ausgeschieden.

6) Bei Wirbelthieren hat man Fütterungsversuche mit Krapp insofern mit Erfolg angewendet, als dieser Farbstoff resorbirt und in der Knochensubstanz niedergeschlagen und abgelagert wird. — Da sämtliche vorhergehenden Versuche resultatlos verliefen, so wurde den Mehlwürmern schliesslich eine mit Krapp-Pulver vermengte Speise verabreicht. Leider war aber auch hier kein Erfolg zu erzielen. — Nach drei Tagen war der Darm mit der rothen Masse mässig gefüllt. Die Stärke war nicht gefärbt und nur theilweise verdaut; der Koth enthielt ausser der Farbe noch eine Menge Stärkekörner. — Die Gewebe waren durchaus normal, auch die Malpighischen Gefässe.

Trotzdem diese Fütterungsversuche mit möglichster Sorgfalt angestellt wurden, so war doch, wie man sieht, kein Schluss aus ihnen zu ziehen, in welchem Theile des Darmkanals die Resorption vor sich geht, und es muss diese Frage noch eine offene bleiben.

### C. Die Gallenfrage.

Während man in Betreff der Verdauung selbst bei allen Thieren schon von vorn herein auf eine gewisse Aehnlichkeit schliessen kann indem überall aus der Speise die nützlichen und brauchbaren Stoffe von den unbrauchbaren abgetrennt, und indem erstere resorbirt, letztere aber ausgeschieden werden müssen, so kann man im Gegensatz hierzu durchaus nicht von vorn herein, d. h. ohne Untersuchungen anzustellen, angeben, ob der Verdauungskanal neben seiner eigentlichen Funktion noch andere Aufgaben übernimmt und ob diese überall die gleichen sind. Dass dieser Organismus noch anderen Zwecken dienen kann, zeigt sich bei vielen niederen Thieren, wo eine Darmathmung stattfindet, ferner bei den Wirbelthieren, wo der Darmkanal noch die Ausführung der in der Leber aus dem Blute ausgeschiedenen Stoffe besorgt, welche in ihrer Gesammtheit als „Galle“ bezeichnet werden. — Früher glaubte man allgemein, dass die Galle bei der Verdauung eine wichtige Rolle spiele, woher es kommt, dass man ihrem Vorkommen eine grosse Ausdehnung im Thierreiche zuschrieb. Erst in neuerer Zeit ist man zu der Einsicht gelangt, dass die Galle nur ein Ausscheidungsprodukt, ein Exkret sei, welches nebenbei dadurch, dass es in den Anfang des Mitteldarms der Thiere sich ergiesst, eine die Verdauungssekrete unterstützende Thätigkeit ausüben kann. Dass diese Thätigkeit eine nicht unbedeutende werden kann, ist nicht zu leugnen, aber dass die Verdauung und die Resorption bei den Wirbelthieren auch ohne die Galle vor sich geht, dass dieselbe also in dieser Hinsicht keine spezifische



Funktion hat, ist durch Versuche festgestellt worden. Die ältere Ansicht hauptsächlich bewirkte es, dass man fast allen Thieren eine Leber und demgemäss eine Gallenflüssigkeit zuschrieb, ohne dass man sich überall veranlasst sah, das Vorhandensein derselben festzustellen. Fand man nun noch Organe mit dem Darmkanal in Verbindung, welche in irgend einer Beziehung mit einer Leber Aehnlichkeit zu haben schienen, so glaubte man diese Organe ohne Weiteres als eine Leber im physiologischen Sinne deuten zu dürfen. Dies war namentlich auch bei den Arthropoden der Fall, wo man überhaupt fast meinte, dasselbe Gebilde wie einen Wirbelthierdarm vor sich zu haben. Allerdings war man nicht sehr consequent in den Kriterien, welche man für eine Leber hatte. Einmal genügte dazu schon die Lage der Organe am Darmkanal, ein andermal die Färbung oder der bittere Geschmack ihres Sekrets. So wurden die vasa Malpighi noch von Burmeister als Gallengefässe aufgeführt, als welche sie von Cuvier, Ramdohr und Andern gedeutet waren. Doch hielt Burmeister diese Funktion nicht mehr für zweifellos richtig, wengleich er sich auch der Ansicht Anderer, dass dieselben Nierenorgane seien, nicht völlig anschliessen konnte. Auch Leydig schrieb diesen Organen neben ihrer Bedeutung als Nieren noch eine Leberfunktion zu, hauptsächlich weil sie häufig einen verschiedenen Bau aufweisen. — Andererseits wurden Anhangsgebilde ganz anderer Art, wie sie bei vielen Arthropoden, besonders bei den Crustaceen auftreten, als Lebern angesehen. Für diese hielt man hauptsächlich ihre Lage und Insertion in den Darmkanal für charakteristisch. Diese Ansicht vertrat besonders Meckel und Leydig hielt sie ebenfalls für unbestritten richtig.

Gegenwärtig kann man wohl als bewiesen ansehen, dass die ersteren Organe, die Malpighischen Gefässe, mit einer Leberfunktion nichts zu thun haben, dass sie wenigstens keine für die Galle charakteristischen Bestandtheile enthalten. Besonders beachtenswerth sind die Arbeiten Schindler's<sup>52)</sup> über die Histologie oder Physiologie dieser Organe; denn Schindler weist ihre Nierenfunktion einheitlich nach, z. B. unter den Orthopteren bei *Thysanura* (Harnsäure), ferner bei Grylliden, bei den Neuropteren, Coleopteren u. s. w.

Weniger sicher feststehend ist die Funktion der namentlich bei den Crustaceen verbreiteten Drüsen, welche am Beginn des Mitteldarms inseriren. Ueberall hat man allerdings gefunden, dass dieselben Verdauungsfermente secerniren, wie dies beim Flusskrebs von Hoppe-Seyler<sup>53)</sup> nachgewiesen ist. Auch bestreitet dieser Autor ganz entschieden, dass überhaupt eine wahre Leber, welche Galle secernirt (also im physiologischen Sinne), bei den Wirbellosen vorkomme, da bei diesen weder Gallenfarbstoffe noch Gallensäuren gefunden seien. Ebenso

ist von Krukenberg die verdauende Wirkung der sog. Leber der Krebse genauer studirt worden, und von Max Weber sind eine grosse Anzahl von Crustaceen (Isopoden, Amphipoden, Decapoden) einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden. Dieser fand bei der Anwendung der Ueberosmiumsäure überall in diesen Organen zweierlei Arten von Zellen, von denen er die sich schnell bräunenden als Fermentzellen, die anderen als Leberzellen ansieht. Da aber, wie oben gezeigt worden ist, das Nussbaum'sche Reagens durchaus kein für Fermentzellen charakteristisches ist, so ist es in hohem Grade zweifelhaft, dass die von Weber als Fermentbildner bezeichneten Zellen wirklich solche sind, denn mit demselben Recht kann behauptet werden, dass die andern, die grossen Zellen, welche sich nur langsam mit Osmiumsäure färben, diese Funktion besitzen oder dass beide Zellenarten Verdauungssekrete ausscheiden. Dies ist insofern nicht unwahrscheinlich, als nach Krukenberg sowohl ein peptisches wie auch ein tryptisches Ferment in den sog. Lebern der Krebse gebildet wird, so dass man vermuthen kann, dass jedes Sekret von besonderen Zellen herrührt. — Bei den Isopoden hat Weber auch Gallenreaktionen angestellt und eine grosse Aehnlichkeit des Sekrets dieser Drüsen in Betreff des spektroskopischen Verhaltens mit verdünnter Wirbelthiergalle gefunden. Ferner gelang es ihm, einige Cholesterinkristalle zu finden. Auch beobachtete er in Uebereinstimmung mit Cadiat<sup>54)</sup> mit Hilfe der Gmelin'schen Probe Farbenringe, ohne dass er jedoch die Sicherheit dieses Versuches behaupten konnte, da er ja gezwungen war, mit sehr kleinen Quantitäten des Sekrets zu arbeiten. Etwas auffallend ist es daher, dass Weber bei bedeutend grösseren Crustaceen, z. B. bei *Astacus*, diese chemischen Gallenproben nicht vorgenommen zu haben scheint, obgleich dieselben hier mit Leichtigkeit anzustellen sind. Der Zweifel, der bei den Isopoden nicht zu beseitigen war, musste gerade bei andern Crustaceen, welche günstigere Verhältnisse darbieten, zu neuen Versuchen anregen, um ein sicheres Resultat herbeizuführen. — Solche weit ausgedehnte Untersuchungen hat Krukenberg<sup>55)</sup> bald nach Weber veröffentlicht, in welchen er zunächst constatirt, dass er bei den sog. Lebern nie ein sicheres Ergebniss durch die Gmelin'sche Reaktion erhalten habe. Die Pettenkofer'sche Probe scheint Krukenberg nur bei Mollusken angewendet zu haben, wo er jedoch das Vorhandensein von Cholaten verneint, und in Betreff der Crustaceen sagt er: „Voraussichtlich wird die Pettenkofer'sche Reaktion mit stark bitter schmeckenden Lebersekreten von Crustaceen gut gelingen.“ Von dem „Lebersekret“ der Insekten giebt Krukenberg nur an, dass es niemals bitter schmeckt; leider erklärt er aber nicht, welche Organe er beispielsweise beim *Curabus auratus* als „Lebern“ ansieht, und es ist daher nur anzunehmen, dass er von

dem Sekret der Mitteldarmzotten spricht. Plateau hat jedoch nachgewiesen, dass diese Zotten das Verdauungsferment secerniren; es ist daher wenig gerechtfertigt, sie als Analoga der Leber zu bezeichnen, so lange dazu kein begründeter Anlass vorhanden ist. Schliesslich hat Krukenberg noch die Lösungen der „Leberpigmente“ von Wirbellosen spectroscopisch untersucht, ohne auch hier eine Analogie mit den Lebersekreten der Wirbelthiere zu finden.

Der Umstand, dass Weber Cholesterinkrystalle bei den Crustaceen bemerkt hat, kann nicht zu dem Schluss berechtigen, dass diese Krystalle von einem leberartigen Organe herrühren, oder dass die Flüssigkeit, in welcher sie sich befinden, der Galle gleich zu achten ist; denn Cholesterin findet sich auch in anderen thierischen Organen und Flüssigkeiten, z. B. im Blute, Gehirn, Eigelb der Hühnereier u. s. w. Auch der bittere Geschmack des Drüsensekrets, auf welchen Krukenberg einigen Werth legt, erscheint wenig massgebend. Will man eine Substanz als Galle, d. h. als ein Lebersekret bezeichnen, so muss sie mehrere Eigenschaften in sich vereinigen. Die Galle der Wirbelthiere ist bekanntlich ein Gemisch von mehreren Körpern, welche jedoch nicht immer gleichzeitig vorhanden sind und welche theilweise auch in anderen thierischen Flüssigkeiten vorkommen können. Immerhin kann wohl eine Substanz, welche Gallensäuren, Gallenpigmente und Cholesterin zugleich nachweisen lässt, als Galle defnirt werden, wenn die Substanz das Sekret einer besonderen Drüse ist. Vielleicht sind auch schon die ersteren beiden Arten von Stoffen zu dieser Definition ausreichend; fehlen sie aber in einer Flüssigkeit, so wird man eine solche kaum noch als Galle ansprechen dürfen.

Obgleich Hoppe-Seyler schon die Mitteldarmdrüse („Hepato-pancreas“) des *Astacus fluviatilis* auf spezifische Gallenbestandtheile mit negativem Erfolg untersucht hat, so erschien es mit Rücksicht auf die Weber'sche Arbeit nicht ganz zwecklos, diese Untersuchungen noch einmal zu wiederholen, zumal Hoppe-Seyler nur kurz das Resultat derselben angiebt.

1) Es wurden zu diesem Zweck die genannten Drüsen mehrerer Krebsse mit etwas Wasser ausgezogen und ein Theil des Extractes der Gmelin'schen Probe unterworfen. Nach Hinzufügen von Salpetersäure, welche etwas salpetrige Säure enthielt, wurde das Extrakt entfärbt und zeigte dann eine gelbgrüne Farbenerscheinung; diese veränderte sich aber nicht im geringsten und ging nicht in die charakteristische Farbenskala über. Auch von Krukenberg ist das Entfärben beobachtet worden und ebenso sind von ihm die Farbenringe vermisst.

2) Ferner wurde die Pettenkofer'sche Probe vorgenommen, indem zu dem Drüsenextract ein Körnchen Zucker und concentrirte Schwefel-



säure gebracht wurde. Es trat eine stark violette Färbung ein. — Da diese Färbung aber bei Gegenwart von Eiweiss-Stoffen immer zu beobachten ist, so wurde aus einer zweiten Portion das Eiweiss durch Aufkochen entfernt, worauf die violette Farbe ausblieb. Es war nur eine Bräunung des Gemisches wahrnehmbar, welche jedoch jedenfalls nur von dem Einfluss der Schwefelsäure auf die organischen Substanzen herrührt.

3) Da der vorige Versuch vielleicht nicht völlig sicher erscheint, so wurde versucht, die etwa vorhandenen Gallensäuren als Salze nach den Angaben von Hoppe-Seyler zu isoliren. Es war jedoch in dem alkoholischen Extrakt des mit Soda erhaltenen Niederschlags bei Zusatz von Aether keine Fällung herbeizuführen, so dass auch dieses Experiment das Fehlen von Gallensäuren constatirt.

Diese drei Versuche bestätigen also vollkommen Hoppe-Seylers Behauptung und es muss demnach als unzweifelhaft angesehen werden, dass den Flusskrebse eine Gallenflüssigkeit fehlt und dass ihrer Mitteldarmdrüse weder der Name einer Leber noch der eines Hepatopancreas zukommt; denn nur ihre Eigenschaft als Verdauungsdrüse ist mit Sicherheit nachgewiesen worden. Da alle Crustaceen eine so ähnliche Organisation haben und da besonders der histologische Bau jener Drüsen, wie Weber darstellt, so sehr übereinstimmt, so kann man mit Recht den Schluss ziehen, dass auch bei allen übrigen Crustaceen dasselbe Verhältniss stattfindet.

Auch bei den Arachnoideen kommen grosse Drüsenorgane vor, welche hier aber im Abdomen liegen. Diese Abdominaldrüsen sind von Plateau<sup>56)</sup> ebenfalls als Bildungsstätten des Verdauungssaftes erkannt worden, während er ihre Eigenschaft als Lebern bestreitet; denn auch hier ergab die von Strassburg modificirte Pettenkofer'sche Probe kein Resultat und die Gmelin'sche Reaction trat nicht ein, sondern es war bei Zusatz des Säuregemisches nur eine röthliche Färbung wahrnehmbar. Einen Theil dieser Beobachtungen hat vor kurzem auch Bertkau bestätigt, welcher in diesen Organen sowohl ein tryptisches wie auch ein peptisches Enzym fand.

Die Myriapoden besitzen nach Plateau und Anderen keine gesonderten Darmdrüsen und dasselbe ist bei vielen Hexapoden, speciell beim Mehlwurm der Fall. — Wo bei den Hexapoden drüsige Organe am Darm vorkommen, welche man als Lebern bezeichnete, hat man überall gefunden, dass es Verdauungsdrüsen sind, so bei Locustiern (M. de Serres und Plateau) und bei der *Blatta orientalis*. In keinem Falle ist aber ein Gallenbestandtheil nachgewiesen worden. — Wenn allerdings bei Thieren, wo gesonderte Darmanhänge oft mächtig entwickelt sind, die Vermuthung, dass es Lebern seien, vielleicht nicht

ganz ungerechtfertigt war, so bleibt denn doch zu der Annahme, dass dort, wo ausser den Malpighischen Gefässen und den Speicheldrüsen gar keine Anhänge vorhanden sind, sich ein Gallensekret finde, nicht die geringste Veranlassung übrig; oder man wäre genöthigt, den ganzen Darm oder einen Theil desselben als leberartiges Organ anzusehen. Es müsste sich dann das Produkt dieses Organs im Darne nachweisen lassen. — Ist dies nun bei den Darmdrüsen bisher nicht gelungen, so ist es in diesem Falle ebenso wenig oder sogar noch weniger möglich gewesen. Nehme man ferner an, dass die Lebernatur der gesonderten Darmdrüsen, seien es Mitteldarmdrüsen, Darmzotten oder Abdominaldrüsen, feststände, d. h. dass bei einer Reihe von Arthropoden Leber und Galle vorkommen, so wäre man sicherlich zu dem Schluss berechtigt, dass sich etwas derartiges auch bei anderen Arthropoden finde, welche mit ersteren nahe verwandt sind. Die Hexapoden im besonderen sind in ihrer ganzen Organisation so übereinstimmend und so nach einem Typus gebaut, dass es höchst auffällig wäre, wenn die Einen eine physiologisch thätige Leber, die Andern keine hätten. Die Wirbelthiere, so verschieden sie in ihrem Bau und in ihrer Lebensweise auch sein mögen, haben ohne Ausnahme eine Leber, und dieses Organ ist für das Leben ein so wichtiges wie fast der Verdauungsapparat selbst. Von nebensächlichen Organen mag es sein, dass sie sogar bei sehr nahe verwandten Thieren grosse Differenzen zeigen; von der Leber darf man dies aber auf keinen Fall annehmen, namentlich aber nicht von ihrem Vorhandensein überhaupt, denn ihre Funktion ist eine zu wichtige. Es bleibt also nur übrig, entweder sämmtlichen Insekten eine Leber zuzuschreiben oder sie allen abzusprechen. Zu ersterem hat man aber nicht den geringsten Grund, da theils gesonderte Darmdrüsen vorhanden sind, wie bei *Blatta orientalis*, bei der Heuschrecke u. s. w., und da sie theils gänzlich fehlen, wie bei der Mehlkäferlarve. Die einzige Möglichkeit wäre nur, wie oben angedeutet, die Leber in das Epithel des Darms zu verlegen, was übrigens wohl Niemand hat bisher thun wollen. Aus früher erörterten Gründen käme bei dem Mehlwurm wenigstens nur der Mitteldarm in Betracht. Hier findet sich aber nur eine einzige Art von Epithelzellen vor, welche die Verdauungsfermente secerniren. Dass die verschiedenen Formen dieser Zellen nur verschiedene Entwicklungszustände einer Zellenart sind, ist oben gezeigt worden. Diesen Zellen neben der Aufgabe, diese Secretion zu besorgen noch die aufzuerlegen, Galle zu excerniren, wäre sehr gewagt und durch kein Analogon zu begründen. Ausserdem lassen sich im Darne des Mehlwurms nicht einmal Cholesterinkrystalle nachweisen, so dass also der gewöhnlichste und am leichtesten zu findende Bestandtheil der Galle nicht vorhanden ist. —

Aus allen angeführten Gründen muss man zu dem Schlusse gelangen, dass die Insekten und wahrscheinlich auch sämtliche Arthropoden nicht im Besitz eines Organs sind, dem man die Bezeichnung „Leber“ geben kann, wenn man einem solchen Organ eben eine allgemeine und analoge Funktion oder wenigstens eine übereinstimmende homologe Lage am Darmtraktus zuschreiben will; denn da, wie oben erwähnt, eine solche Homologie nur insofern vorhanden ist, als die in Frage stehende Drüse immer als Ausstülpung des Mitteldarms zu betrachten ist, so könnte man sie nach ihrer Lage ebenso gut als Pancreas wie als Leber bezeichnen, eine Bezeichnung welche physiologisch viel mehr zu vertheidigen wäre.

### Zusammenfassung.

- 1) Der Vorderdarm der Mehlkäferlarve dient nur als Leitungskanal zum Mitteldarm und besitzt kein eigenes Sekret.
- 2) Der Mitteldarm dieses Thieres hat weder eine chitinisirte noch eine sonst wie beschaffene Cuticula, die Epithelzellen besitzen dagegen einen Saum von feinen Härchen.
- 3) Das Epithel des Mitteldarms secernirt die Verdauungsfermente, reducirt aber nicht die Osmiumsäure.
- 4) In jedem Kern der Hauptzellen des Mitteldarmepithels vom Mehlwurm findet sich unter normalen Umständen ein krystallähnlicher Körper in Gestalt einer viereckigen (rhombischen) oder sechseckigen Tafel.
- 5) Der Mehlwurm besitzt zwei verschiedene wirkende Fermente, ein tryptisches und ein diastatisches, und ist auf eine aus Eiweissstoffen und Kohlenhydraten gemischte Nahrung angewiesen.
- 6) In dem Verdauungssekret der Insekten ist Phosphor und Magnesium gleichzeitig vorhanden. — Beide Stoffe werden wahrscheinlich durch den Zerfall der Zellen frei und bilden mit Ammoniak Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia.
- 7) Es ist nicht unwahrscheinlich, dass eine Resorption im Mitteldarme der Insekten stattfindet.
- 8) Der Enddarm der Insekten dient zur Ausleitung der unverdauten Speise und besitzt kein selbstständiges Sekret.
- 9) Eine Resorption im Enddarm ist nicht unmöglich aber nicht nachgewiesen.
- 10) Die Insekten besitzen weder eine Leber noch ein gallenähnliches Exkret.



Verzeichniss der zu der Arbeit benutzten  
Litteratur.

- 1) Burmeister. Handbuch der Entomologie 1832. S. 128 u. s. f.
- 2) Basch. Untersuchungen über das chylopoëtische und uro-poëtische System der *Blatta orientalis*. Sitzungsberichte der Acad. d. Wissensch. Wien. Math.-Naturh. Klasse XXXIII.
- 3) Gegenbaur. Grundriss der vergleichenden Anatomie, 2. Aufl. Leipzig 1878. S. 50 u. s. f. S. 283 u. s. f.
- 4) Plateau.
  - a) Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les insectes. Mémoires de l'Acad. royale de Belgique tome XVI (1875).
  - b) Recherches s. l. phénomènes d. la dig. et sur la structure de l'appareil digestif chez les Myriapodes de Belgique. Ebenda tome XVII (1876).
  - c) Note additionelle au mémoire sur les phénomènes d. l. dig. chez les insectes. Ebenda tome XIV (1877).
  - d) Note s. l. phén. d. l. dig. chez les Phalangides. Ebenda tome XIV (1876).
  - e) Rech. s. l. phén. d. l. dig. chez les Dipneumonés. Ebenda tome XIV (1877).
- 5) Graber. Die Insekten. Theil I. S. 308 u. s. f.
- 6) Simroth. Ueber den Darmkanal der Larven von *Osmoderma eremita* mit seinen Anhängen. Giebels Zeitschrift 1878 III. S. 493 u. s. w.
- 7) Schindler. Die Malpighischen Gefässe bei den Insekten. Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1878 Heft 4.
- 8) M. Weber. Bau und Thätigkeit der sog. Leber der Crustaceen. Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. 17 (1880).
- 9) M. Nussbaum. Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drüsen. I. Archiv f. mikroskop. Anatomie XIII (1877) II. Ebenda XV (1878) III. Ebenda XVI (1879).
- 10) Hoppe-Seyler. Physiologische Chemie II. Theil S. 176 u. s. f. S. 276 u. s. w.
  - b) Ueber Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung bei höheren und niederen Thieren. Pflügers Archiv f. d. gesammte Physiologie d. Menschen und d. Thiere Bd. XIV (1877) S. 394 u. s. f.
- 11) Barfurth, Leber der Gastropoden. Zoolog. Anzeiger 1880 N. 66.



12) Fr. Krukenberg.

a) Enzymbildung in den Geweben und Gefäßen der Evertebraten. Untersuchungen des physiologisch. Instituts zu Heidelberg II Heft 3.

b) Vergleichend. physiolog. Studien III. Abtheil. 1880.

13) M. Nussbaum. Arch. f. mikr. Anat. XIII S. 122.

14) Leydig. Lehrbuch d. Histologie des Menschen und der Thiere. 1867 S. 340.

15) Claus. Grundzüge der Zoologie. 4. Aufl. 1880 S. 512.

16) Vit. Graber. Die Insekten I. S. 318.

17) S. unter 4).

18) Radlkofer. Ueber Krystalle proteinartiger Körper. Leipz. 1859.

19) Hoppe-Seyler. Medicin.-chemische Untersuchungen 1867. S. 219.

20) Th. Weyl. Beiträge zur Kenntniss thierischer und pflanzlicher Eiweisskörper. Zeitschr. für physiol. Chemie I. S. 72 u. s. w.

21) Schmiedeberg. Ueber die Darstellung der Paranuss-Krystalle. Zeitschr. f. physiol. Chemie S. 203 u. s. w.

22) Schimper. Proteinkrystalle der Pflanzen. Inaug. Dissert. Strassburg 1779.

23) S. unter 22) S. 60.

24) P. Fürbringer. Untersuchungen über die Herkunft und klinische Bedeutung der sogen. Spermakrystalle u. s. w. — Zeitschrift f. klinische Medicin III (1881) S. 287.

25) Schreiner. Annalen der Chemie 1878.

26) Leydig. Lehrb. d. Histologie S. 330.

27) V. Graber. Die Insecten I. S. 317.

28) Siehe unter 2).

29) Siehe unter 4a).

30) Leydig. Histologie S. 112 u. 113.

31) E. Häckel. Die Gewebe des Flusskrebses. — Müllers Archiv 1857 S. 519 u. s. w.

32) F. Sommer. Die Anatomie des Leberegels. — Leipzig 1880. S. 32 u. s. w.

33) H. Frey. Handbuch der Histologie. 5. Aufl. S. 165.

34) Frey u. Leuckart. Vergl. Anatomie S. 61 u. 210.

35) Siehe unter 2).

36) Siehe unter 4).

37) V. Graber. Die Insecten I.

38) Leydig. Histologie S. 335.

39) Leydig. Histologie S. 333.

40) Siehe unter 32).

41) Leydig. Histologie.

316 *Joh. Frenzel: Verdauungskanal der Larve des Tenebr. mol.*

- 42) Bronns Klassen und Ordnungen. Bd. V. Abth. I. S. 91.  
43) Harting. Das Mikroskop S. 462.  
44) F. Krukenberg. Untersuch. d. physiol. Institut. d. Univers. Heidelberg II. Heft 3.  
45) Dufour. Annales des sciences naturelles VIII S. 36.  
46) J. Gad. Zur Lehre der Fettresorption. Müllers Archiv 1878.  
47) A. Bókay. Zeitschr. f. physiolog. Chemie I.  
48) Archiv f. mikr. Anatomie XV (1878).  
49) Pflüger's Archiv f. Physiol. 1874 Bd. VIII. L. v. Thanhoffer. Beiträge zur Fettresorption.  
50) Kühne. Physiol. Chemie 1868 S. 52.  
51) C. Brandt. Färbung lebender Organismen. Biolog. Centralbl. I. 1881 S. 204.  
52) Siehe unter 7).  
53) Pflügers Archiv 1877. S. 393 u. s. w.  
54) Gazette médicale de Paris 1878.  
55) C. Fr. Krukenberg. Vergl. physiol. Studien zu Tunis u. s. w. III. Abtheil. 1880.  
56) Siehe 4e) S. 174.

Figurenerklärung zu Tafel V.

- Fig. 1. Chitincuticula im Vorderdarm.  
Fig. 2. Freigewordene Epithelzellen des Mitteldarms in Speichel-Kochsalzflüssigkeit; der Kern enthält das Krystalloid.  
Fig. 3. Ebensolehe Zellen. Der Kern enthält statt des Krystalles kleine kugelige Gebilde.  
Fig. 4. Epithelzellen des Enddarms nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure.  
Fig. 5, 6 u. 7. Verschiedene Formen des Kernkrystalloids.  
Fig. 8. Querschnitt durch den Vorderdarm. Innen die dicke Chitincuticula auf den Zellen der Hypodermis aufgelagert.  
Fig. 9, 10 u. 11. Epithel des Mitteldarms in verschiedenen Zuständen. Anmerkung: diese Figuren werden durch Fig. II (im Text) ergänzt.  
Fig. 12. Querschnitt durch den vorderen Theil des Enddarms (Dünndarm). Innen die Chitincuticula wie im Vorderdarm.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berliner Entomologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Frenzel Joh.

Artikel/Article: [Ueber Bau und Thätigkeit des Verdauungskanals der Larve des Tenebrio molitor mit Berücksichtigung anderer Arthropoden. 267-316](#)