

Die Durchlässigkeit des Chitins bei osmotischen Vorgängen.

Von **Dr. H. Eidmann**, München.

Mit einer Abbildung.

Die Frage, ob das Chitin der Arthropoden für osmotische Vorgänge durchlässig ist oder nicht, ist sowohl in der Physiologie der Verdauung als auch in der Physiologie der Sinnesorgane der betreffenden Tiergruppe von weittragender Bedeutung. Die meisten Forscher bejahen zwar heute die Frage und der Bau der Sinnesorgane für chemische Reizperzeption ist nur bei Annahme einer Durchlässigkeit dünner Chitinmembranen verständlich, doch fehlt es seither an experimentellen Untersuchungen, die bei der Kleinheit der Objekte naturgemäß auf große Schwierigkeiten stoßen. Es hat auch nicht an Stimmen gefehlt, die einen osmotischen Austausch von flüssigen oder gasförmigen Stoffen durch Chitinhäute bestreiten, im Hinblick auf die große Widerstandsfähigkeit des Chitins gegen chemische Einwirkungen einerseits, und das Fehlen jeglicher Poren an den in Frage kommenden Stellen andererseits. Besonders wird von manchen Autoren die Möglichkeit einer Nahrungsresorption im Vorder- und Enddarm der Insekten wegen der chitinen Intima dieser Darmabschnitte entschieden in Abrede gestellt. So schreibt Cuénot in seiner im Jahre 1895 erschienenen und von der französischen Akademie preisgekrönten Arbeit über die Verdauung der Orthopteren: „Il paraît improbable, au moins dans l'état actuel de nos idées sur l'osmose, qu'il puisse y avoir la moindre absorption dans le jabot et l'intestin terminal, revêtus tous deux d'une impénétrable cuticule chitineuse.“ Er zieht daraus den Schluß, daß die Nahrung lediglich im Mitteldarm absorbiert werden kann. Unter den neueren Autoren ist es vor allem Biedermann, der wegen der Chitinintima eine Absorptionsfähigkeit des Kropfes in Abrede stellt, „dessen histologische Struktur einer solchen Leistung allerdings wenig zu entsprechen scheint, indem seine Innenfläche von einer Chitincuticula überzogen wird“.

Für die Nahrungsresorption im Kropf und damit auch für die Durchlässigkeit der Chitincuticula erklären sich vor allem Petrunkevitch, der als Resultat seiner Untersuchung den Satz aufstellte: „Der Kropf der Insekten ist das Hauptorgan der Absorption.“ Metalnikoff stellte eine Absorption von Eisen im Enddarm fest, der seiner ectodermalen Herkunft wegen, gleichfalls mit einer Chitinintima ausgekleidet ist. Auch Deegener sieht in der Chitincuticula kein Hindernis für die Resorption: „Einige Autoren sind dafür eingetreten, daß schon im Kropfe eine teilweise Resorption stattfindet, wogegen die wohl zweifellos oft für Flüssigkeiten durchlässige dünne Intima nicht sprechen würde.“

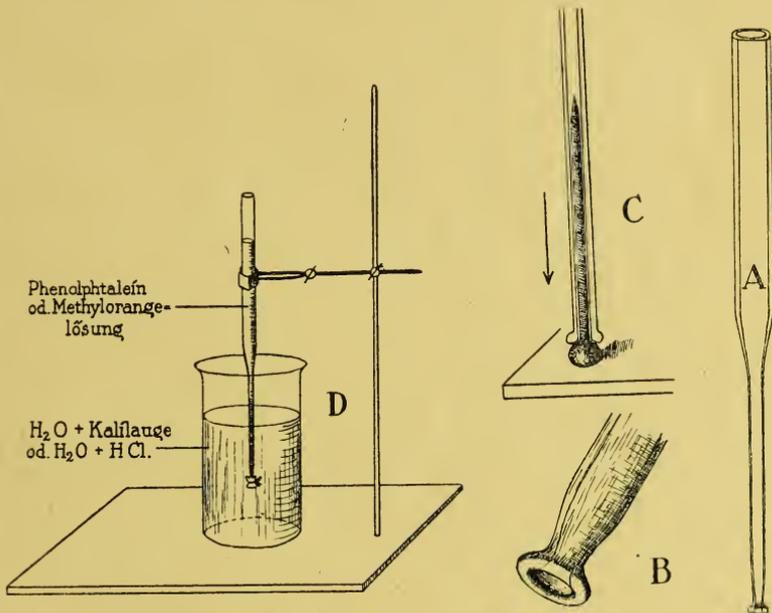
Was die Sinnesorgane betrifft, so sind es die Organe für chemische Reizperzeption, also die Geruchs- und Geschmacksorgane, bei denen eine Nervenreizung auf chemischem Wege, durch Chitinmembranen hin-

durch, erfolgen muß. Während frühere Autoren, Hauser, Kräpelin und vom Rath an vielen chemischen Organen eine Öffnung vermuteten oder sogar direkt festgestellt haben wollen, durch die eine direkte Berührung der Nervenendigung mit dem zu prüfenden Stoff möglich ist, haben mit der Verfeinerung der Methoden die neueren Untersuchungen nachgewiesen, daß alle Geruchs- und Geschmacksorgane vollkommen geschlossen sind. Allerdings finden sich hier Chitinmembranen von so außerordentlicher Feinheit, wie nirgends sonst am Insektenkörper; ja die geringe Dicke des Chitinüberzugs ist sogar häufig ein Unterscheidungsmerkmal dafür, ob man ein Sinneshaar als Tast- oder chemisches Organ anzusprechen hat.

Ich habe nun versucht, auf experimentellem Wege durch Osmoseversuche die Frage nach der Durchlässigkeit des Chitins einer Lösung näher zu bringen. Dünne Chitinmembranen lieferte mir der Vorder- und Enddarm der Küchenschabe, *Periplaneta orientalis*, des klassischen Objektes für die Untersuchung der Verdauungsvorgänge bei den Insekten, an dem auch Cuénot und Petrunkevitch ihre Experimente ausgeführt haben. Der Weg, den ich dabei einschlug, war folgender: Zwei Flüssigkeiten, die bei ihrer Mischung eine deutlich sichtbare chemische Reaktion ergeben, sollten diesseits und jenseits der Membran gebracht werden, so daß ein Austausch und eine Mischung von beiden nur durch die Membran hindurch erfolgen konnte. Es kam dabei darauf an, die Chitinmembran über die Öffnung einer Glasröhre zu spannen. Die Glasröhre muß natürlich von sehr kleinem Kaliber sein. Ich stellte sie mir her, indem ich Glasröhren bis zur gewünschten Stärke auszog, so daß ich die Röhre einer Pipette mit langem, dünnem Endstück erhielt. Nun mußte die Mündung der Röhre mit einem Wulst versehen werden, damit das darübergebundene Darmstück nicht heruntergleiten und die scharfen Glasränder die zarte Haut nicht verletzen konnten. Ich erreichte dies nach vielen vergeblichen Versuchen in folgender Weise. Zunächst steckt man eine Nadel, deren Durchmesser etwa dem Kaliber der Röhre entspricht, von der Mündung her in diese hinein. Der Kopf der Nadel, der dicker als die Röhre sein muß, hindert ein Weitergleiten. Dann erhitzt man die Mündung der Röhre mit dem darauf sitzenden Nadelkopf in der Spitze einer Gasflamme bis zur Rotglut und drückt den Nadelkopf schnell auf einen bereit gehaltenen festen Gegenstand, etwa eine Glasplatte. Dadurch wird das weiche Glas in der Richtung der Röhre in sich zusammengedrückt und gleichzeitig durch die starre Nadel verhindert, daß sich die Röhre verbiegt und man erhält den gewünschten rundkantigen Wulst.

Zuerst versuchte ich, die durch Kalilauge isolierte Intima des Vorder- oder Enddarms über die Mündung der Röhre zu binden. Dies gelang nicht, die Membran für sich allein ist so fein, daß sie bei der geringsten Berührung zerreißt oder verletzt wird. Ich benutzte daher die ganze Darmwand zu meinen Versuchen. Der durch Chloroform getöteten Schabe wurde zunächst in physiologischer Kochsalzlösung die Rückendecke abpräpariert und der ganze Darmkanal vor-

sichtig herausgenommen. Dann wurde mit der Schere der Mitteldarm vom Kaumagen bis zum Beginn des Colons entfernt. Soweit kann man die Präparation mit unbewaffnetem Auge vornehmen. Bei den weiteren Manipulationen ist jedoch die binokulare Lupe unentbehrlich, die bei allen derartigen Versuchen unschätzbare Dienste leistet. Man schneidet zunächst in einer Uhrschale mit physiologischer Kochsalzlösung den Kropf, an dem man vorteilhafterweise den Kaumagen hängen läßt, vom Ösophagus her einige Millimeter weit auf und spült den Inhalt mit einer Pipette heraus. Dann zieht man mit einer feinen aber stumpfen Pinzette den Kropf über die Mündung der Glasröhre, so



Darstellung der Osmoseversuche.

- A. Gesamtansicht der Glasröhre.
- B. Unteres Ende der Glasröhre, vergrößert.
- C. Herstellung des Wulstes am unteren Ende.
- D. Anordnung des Versuchs.

daß ein Teil der Kropfwand über die Öffnung zu liegen kommt. Dann legt man eine Schlinge aus feinsten Seide, wie sie in der Chirurgie zum Vernähen von Wunden gebraucht wird, über den kappenartig übergestülpten Teil der Membran, zieht sie hinter dem Wulst fest zu und verknötet sie. Dann prüft man unter dem Binokular genau, ob die Schlinge überall gefaßt hat und ob der Darm nicht verletzt ist. Bei dem Enddarm verfährt man genau in der gleichen Weise.

Zunächst wollte ich die Durchlässigkeit für alkalische Lösungen prüfen und verwendete als Reagens auf Alkali Phenolphthalein in einer wässrigen Lösung von etwa 1 pro Mille. Die Lösung ist farblos und färbt sich bei Zusatz von Alkali rotviolett, dabei eine sehr empfindliche Reaktion ergebend. Die Phenolphthaleinlösung wurde zunächst mit einer Pipette in die Glasröhre gefüllt und alle Luftblasen mit einer

fein ausgezogenen Glaskanüle entfernt. Dann wurde die Glasröhre in einem Stativ festgeklemmt und das untere, zugebundene Ende einige Zentimeter weit in ein Becherglas mit alkalischer Lösung getaucht. Diese bestand aus destilliertem Wasser mit Zusatz von einigen Tropfen Kalilauge.

Ich hatte vorher einen Kontrollversuch mit einer Schwimmblase angesetzt. Es war die gleiche Versuchsanordnung, nur an Stelle des Schabendarms ein Stück der Schwimmblase einer Schleie verwendet worden. Nach einigen Stunden trat in der Röhre die violette Färbung auf, die unten anfang und allmählich nach oben fortschritt.

Das Resultat meines Versuches mit der Chitinmembran war folgendes: In der Röhre mit dem Enddarm trat nach etwa 10 Minuten die violette Färbung auf, während die Röhre mit der Kropfwand erst nach etwa 24 Stunden eine schwache Färbung aufwies. Ich wiederholte den Versuch öfters, immer mit dem gleichen Resultat. Um den Faktor einer möglichen, verschieden starken Konzentration der Lösungen auszuschalten, benutzte ich stets in beiden Röhren und Bechergläsern die gleiche Lösung. Damit ist erwiesen, daß die Chitinintima des Enddarms der Schabe für alkalische Lösungen gut durchlässig ist, die des Vorderdarms jedoch nur in geringem Grade.

Um die Durchlässigkeit für saure Lösungen zu untersuchen, benutzte ich als Reagens auf Säure eine wässrige Lösung von Methylorange. Diese färbt sich bei Zusatz von Säure intensiv rot. Der Versuch hatte die gleiche Anordnung wie der erste, nur daß die Glasröhre eine Methyloangelösung enthielt und in ein Becherglas mit Wasser eintauchte, das mit einigen Tropfen Salzsäure angesäuert war. Das Resultat war ähnlich wie bei dem ersten Versuch. In der Röhre mit dem Enddarm trat nach etwa 15 Minuten die Rotfärbung auf, während in der andern die Reaktion erst nach einigen Stunden sichtbar wurde.

Die beiden Versuche zeigen, daß die Chitincuticula des Kropfes und Enddarmes der Schabe für osmotische Vorgänge durchlässig ist, die des Enddarmes jedoch weit besser als die Chitinintima der Kropfwand.

Aus dem Ergebnis läßt sich zunächst die wichtige Tatsache feststellen, daß dünne Chitinmembranen kein Hindernis für osmotische Vorgänge zu sein brauchen, auch wenn sie keine Poren besitzen. Die Chitinintima des Kropfes und Enddarmes der Schabe ist nämlich vollkommen homogen. Selbst mit den stärksten Systemen lassen sich keine Poren nachweisen, höchstens sieht man eine Schichtung parallel zur Oberfläche angedeutet. An der Kropfwand unterscheidet Petrunkevitch zwei Schichten, eine innere, die „grob porös“ ist und Farbstoffe gut aufnimmt und eine äußere, die auf Schnitten homogen aussieht, ohne jede Spur von Poren. Ich glaube, daß Petrunkevitch als innere, dem Lumen zugewendete Schicht die zwischen den kurzen Borsten der Intima, deren Existenz er auch bestreitet, hängenden Nahrungspartikelchen gehalten hat, die

in ihrer Gesamtheit allerdings in gleichmäßiger, stark färbbarer Schicht die eigentliche Intima überziehen. In dieser, die er als untere Schicht betrachtet, hat auch er histologisch keine Spur von Poren nachweisen können. „Dennoch“, schreibt er, „habe ich viele Präparate, wo Fett-Tröpfchen in der Intima stecken und zwar in verschiedenen Schichten derselben.“ Diese Angabe erscheint mir höchst unwahrscheinlich, einmal deshalb, weil das Fett wahrscheinlich überhaupt nicht als solches in Form einer Emulsion resorbiert wird, sondern in den betreffenden Darmepithelien aus den Spaltungsprodukten, die durch hydrolytische Zerlegung des Fettes im Darm entstehen, synthetisch wieder aufgebaut wird, und dann, weil der Kropf der Schabe nach neueren Autoren überhaupt keine Nahrung absorbiert. Ich erkläre mir die Bilder, die Petrunkewitsch erhielt, so, daß Fett-Tröpfchen aus dem Kropfinhalt bei der Behandlung der Schnitte über das Präparat geschwemmt wurden und so die Täuschung hervorriefen.

Die Chitincuticula des Kropfes hat eine Dicke von etwa 5—8 μ , während die Intima des Enddarms nur etwa 2 μ dick ist. Hieraus erklärt sich die größere und schnellere Durchlässigkeit des Enddarms gegenüber dem Kropf, eine Tatsache, die eine logische Folge der physikalischen Gesetze über die Osmose ist. An Orten, wo es auf eine möglichst schnelle Durchdringung von Chitinmembranen ankommt, müssen diese also möglichst dünn sein. Das ist der Fall bei den chemischen Sinnesorganen, speziell bei den Geruchsorganen. Nach Vogel beträgt die Dicke der Chitinmembran an den antennalen Geruchsorganen der Wespen nur 0,5 μ , während sie bei anderen Hymenopteren nach Angaben von Wacker so dünn sein kann, daß sie selbst mit den stärksten Vergrößerungen keine doppelte Kontur zeigt, also überhaupt nicht mehr meßbar ist. Diese Membranen werden überdies noch von innen her durch das Sekret akzessorischer Zellen feucht gehalten, so daß es keinem Zweifel unterliegt, daß hier eine fast augenblickliche, osmotische Durchdringung und Nervenreizung durch Geruchsstoffe erfolgen kann.

Kehren wir wieder zu den Folgerungen zurück, die sich für die Verdauung ergeben. Nach Petrunkewitsch soll der Kropf das Hauptorgan der Nahrungsresorption sein. Ganz abgesehen von den Einwänden, die von anderen Autoren, speziell Schlüter, gemacht worden sind, erscheint es sonderbar, daß gerade der Kropf als Hauptstätte der Absorption, mit einer dicken und, wie die Versuche beweisen, schwer durchlässigen Intima ausgestattet ist, während die Verhältnisse beim Enddarm gerade umgekehrt liegen. Es erscheint daher auch von diesem Gesichtspunkte aus unwahrscheinlich, daß der Kropf das Hauptorgan der Nahrungsresorption sein soll.

Petrunkewitsch erwähnt ferner in seiner Arbeit einige Fütterungsversuche mit Karmin, nach denen er im Protoplasma der Epithelzellen der Kropfwand die Karminkörnchen in feiner Verteilung wiedergefunden haben will. Auch hier scheint Petrunkewitsch derselbe Fehler unterlaufen zu sein, wie bei dem Nachweis der Fett-

Tröpfchen in der Intima. Bei der Behandlung der Schnitte sind wahrscheinlich die Karminkörnchen über das Gewebe geschwemmt worden und täuschten so die Resorption vor, ein Fehler, auf den schon Schlüter hinwies, der die Karminfütterungsversuche von Petrunkewitsch mit negativem Erfolg nachprüfte. Auch Sinéty hatte bei seinen Experimenten dasselbe negative Resultat.

Die Fetteinschlüsse, die Petrunkewitsch in den Kropfepithelzellen fand, sind nach Schlüter dort abgelagerte Reservestoffe, ähnlich wie wir sie in den Zellen des Fettkörpers finden.

Ich glaube, auf Grund meiner Osmoseversuche behaupten zu können, daß der mit einer dicken, schwer durchlässigen Intima versehene Kropf der Schabe überhaupt als Resorptionsorgan kaum in Betracht kommt.

Es drängt sich nun ohne weiteres die Frage auf, wie es mit der Nahrungsabsorption im Enddarm steht. Wie die Experimente beweisen, bildet die Intima des Enddarms, entgegen der Behauptung Cuénots, durchaus kein Hindernis für eine solche. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß deshalb hier die Resorption der Nahrung stattfinden müßte. Die Entscheidung darüber könnten auch hier nur Fütterungsversuche bringen, die aber, soviel mir bekannt ist, mit Rücksicht auf den Enddarm noch kaum ausgeführt worden sind. Nur Metalnikoff veröffentlichte 1896 eine Arbeit „Über Absorption des Eisens im Verdauungskanal von *Blatta orientalis*“. Er behauptet, daß diese ausschließlich im Enddarm stattfindet. Cuénot wies wenige Jahre später (1899) nach, daß der Enddarm der Schabe normalerweise Eisen enthält, da er stets die Eisenreaktion ergibt. Er erhielt bei Tieren, die, wie er beobachtete, Eisen zu sich genommen hatten, die Reaktion nur im Mitteldarm. Die Tiere Metalnikoffs hätten demnach wahrscheinlich überhaupt nicht von dem eisenhaltigen Brot gefressen.

Damit bleibt die Frage der Nahrungsresorption im Enddarm vorläufig noch offen, und erst weitere experimentelle Untersuchungen haben hierüber zu entscheiden.

Ich stelle im Folgenden nochmals kurz die Ergebnisse meiner Versuche zusammen.

1. Dünne Chitinmembranen können, auch wenn sie keine Spur von Poren aufweisen, für osmotische Vorgänge durchlässig sein.
2. Je dünner die Chitinhaut ist, desto größer ist ihre Durchlässigkeit.
3. Daraus folgt, daß die Chitinintima des Vorder- und Enddarms kein Hindernis für die Nahrungsresorption zu sein braucht.
4. Der Kropf von *Periplaneta orientalis* ist mit einer dicken und schwer durchlässigen Intima ausgekleidet, kommt also als Resorptionsorgan wahrscheinlich überhaupt nicht in Betracht.
5. Die Organe des chemischen Sinnes der Insekten, speziell die Geruchsorgane, brauchen keine Öffnung zu haben, damit die Nervenendigung direkt mit dem zu prüfenden Stoff in Berührung kommen kann, denn die äußerst dünne Chitinmembran dieser Organe bildet kein Hindernis für eine Nervenreizung auf osmotischem Wege.

Literatur.

1. Biedermann, W., Die Aufnahme, Verarbeitung und Assimilation der Nahrung. in: Winterstein, Handbuch der vergl. Physiologie, Bd. 2. Jena 1911.
2. Cuénot, L., Etudes physiologiques sur les orthoptères. *Archive de Biologie*, Bd. 14. 1896.
3. —, La région absorbante dans l'intestin de la Blatte. *Arch. de Zoologie expér.*, Bd. 6. 1899.
4. Deegener, P., Der Darmtractus und seine Anhänge in: Schröder, Handbuch der Entomologie, Bd. 1. Jena 1913.
5. Hauser, G., Physiol. und histologische Untersuchungen über die Geruchsorgane der Insekten. *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, Bd. 34. 1880.
6. Kräpelin, Über die Geruchsorgane der Gliedertiere. Hamburg 1883.
7. Metalnikoff, Über Absorption des Eisens im Verdauungskanal von *Blatta orientalis*. *Bull. d. K. Akad. d. Wissensch. zu St. Petersburg*, Bd. 4. 1896 (russisch.)
8. Petrunkevitch, A., Die Verdauungsorgane von *Periplaneta orientalis* und *Blatta germanica*. *Zool. Jahrb. Abt. Anat.*, Bd. 13. 1900.
9. vom Rath, O., Über die Hautsinnesorgane der Insekten. *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, Bd. 46. 1888.
10. Schlüter, C., Beiträge zur Physiologie und Morphologie des Verdauungsapparates der Insekten. *Dissert. Leipzig* 1911 und *Zeitschr. f. allg. Physiologie*, Bd. 13.
11. de Sinéty, R., Prétendue absorption de graisse par le jabot chez les Blattes. *Bull. Soc. Entomol. de France*. 1901.
12. Vogel, R., Zur Kenntnis der Geruchsorgane der Wespen und Bienen. *Zoologischer Anzeiger*, Bd. 53. 1921.

Quantitative Ameisenbiologie.

Von Dipl.-Ing. Robert Stumper, Luxemburg.

Jegliche Naturforschung strebt nach einem Maximum von Genauigkeit. Diese Tendenz findet ihren Ausdruck in der quantitativen Methodik, die in allen Teilgebieten der Naturwissenschaften mit größtem Erfolg die qualitative Darstellung ergänzt und vertieft. Es erübrigt sich, hier auf das erkenntnis-theoretisch wichtige Kapitel des Wertes dieser Methode einzugehen: jeder Gebildete kann sich leicht einen Begriff davon machen, wenn er die Entwicklung der Naturwissenschaften speziell der Chemie, überblickt.

Wir haben nun in den letzten Jahren versucht, das quantitative Denken in das enge Fachgebiet der Ameisenbiologie einzuführen. Der Nachweis, daß auch hier eine konsequente Durchführung dieser Methode von vollem Erfolg gekrönt ist, soll der nähere Zweck dieser Zeilen sein. Jedenfalls steht es fest, daß viele Fragen und Probleme der Myrmekologie nur durch meßbare Beobachtung und Experimente geklärt werden können.

Es ist daher auch leicht verständlich, daß eine quantitative Durcharbeitung einzelner Kapitel geradezu eine Notwendigkeit ist und daß sie m. a. W. sozusagen in der Luft liegt.

Wir geben im folgenden einige unserer Resultate wieder und glauben damit die Fruchtbarkeit der exakteren zahlenmäßigen Untersuchungsmethode genügend darlegen zu können. Wir greifen aus

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Eidmann Hermann

Artikel/Article: [Die Durchlässigkeit des Chitins bei osmotischen Vorgängen. 429-435](#)