

Kühne, W.

Untersuchungen aus dem physiologischen Institute der Universität  
Heidelberg Herausgegeben von W. Kühne

Bd.: 2.

Heidelberg 1882

Anat. 454 vf-2

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11550390-0



## Ueber die Enzyymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten.

Von

**C. Fr. W. Krukenberg.**

---

Eine einheitliche oder diffuse Drüsenmasse besorgt bei Arthropoden, Mollusken und Würmern die Production aller erforderlichen Verdauungsenzyme und versieht ausserdem vielleicht auch eine excretorische Thätigkeit<sup>1)</sup>. Alle Modificationen, welche die Verdauungsvorgänge in dem Thierreiche erfahren können, liessen sich voraussichtlich auf diese Functionscombination zurückführen.

Ich vermuthete, dass die Summe der Leistungen jenes enzymbildenden Organes, der sogenannten Leber, welche in einigen Klassen der Mollusken und Arthropoden am bedeutendsten zu sein schien, bei niederen Thierformen durch den Ausfall dieser oder jener Function sich vermindere, dass sie bei höhern Typen auf mehrere Organe sich vertheile. Schon verhältnissmässig hoch organisirten Formen<sup>2)</sup> schienen nothwendige Verdauungsenzyme vollständig zu fehlen, und die Vermuthung lag nicht fern, dass bei diesen Thieren zur Zeit unbekannte Verhältnisse chemischer oder physikalischer Art die Enzyme entbehrlich machen.

Die Ausdehnung meiner Versuche auf weitere Arten und Classen der Wirbellosen hat aber wider Erwarten zu dem Er-

---

<sup>1)</sup> Vergleichend physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II. S. 1—45.

<sup>2)</sup> Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.



gebnisse geführt, dass die Enzyme auch sehr niedrig organisirten Lebewesen nicht nothwendig fehlen, während eine Ausscheidung enzymatischer Secrete im Dienste der Verdauung bei vielen Evertebraten allerdings nicht nachzuweisen ist.

Die fundamentale Frage, ob die enzymatischen Verdauungsvorgänge bei den höhern Thieren auf das Verdauungsrohr in ihrem Vorkommen beschränkt sind, oder ob auch in den Körpergeweben selbst die resorbirten Stoffe eine weitere Spaltung durch Enzyme erfahren, ist erst durch *Kühne's* Untersuchungen<sup>1)</sup> ihrer Lösung entgegengeführt. Während schon früher *Brücke* Pepsin in Muskeln und Harn nachweisen konnte, ergaben *Kühne's* zahlreiche Versuche, dass das Pepsin wie das diastatische Enzym sich keineswegs nur in dem Verdauungsapparate finden, dass das Trypsin aber in den Körpergeweben und Körpersäften ausserhalb des Darmes vermisst wird. Nach diesen Befunden wird die Annahme berechtigt erscheinen, dass bei den höhern Vertebratenformen, wo das Blut, die Lymphe und die Gewebssäfte eine alkalische Reaction besitzen, die enzymatischen Verdauungsvorgänge an Eiweissstoffen wenigstens unter normalen Verhältnissen auf den Darmtractus in ihrem Vorkommen beschränkt sind.

In dem Gewebe der Spongien findet sich wie bei *Aethalium septicum*<sup>2)</sup> ein peptisches Enzym, aber von wesentlich andern Eigenschaften als das der Myxomyceten. Es kamen *Suberites domuncula*, *Chondrosia reniformis*, *Geodia gigas* und *Hircinia variabilis* zur Untersuchung<sup>3)</sup>; die Glycerinauszüge zeigten bei allen Arten in Lösungen der verschiedenen Säure-

1) *W. Kühne*, Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Verhandl. d. naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Band II. Heft 1.

2) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne. Untersuchungen a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band II. Heft 3. S. 273.

3) Ueber die Ausführung meiner Versuche sei Folgendes bemerkt: Das Untersuchungsmaterial wurde von mir selbst im März und April d. J.



ren ein gleiches Verhalten, welches aus der zugehörigen Tafel ersichtlich ist. Gekochtes Fibrin liess sich aber durch das Schwammpepsin nicht verdauen, und die Rapidität der Wirkung auf rohes macht es zweifelhaft, ob dieses negative Resultat nur auf einen geringen Enzymgehalt des Schwammgewebes zurückzuführen ist. Die Oxalsäure, in schwachen Lösungen, wie jede andre der versuchten Säuren, die verdauende Wirkung des Schwammpepsins ermöglichend, wirkt bei stärkerer Concentration (2—4 pCt.)

---

in Triest zubereitet und theils in Glycerin, theils in absolutem Alkohol, welcher anfangs mehreremale erneuert wurde, aufbewahrt. Die Versuche mit den Verdauungssäften wurden in Triest angestellt; die Versuche mit den Organauszügen und die mikroskopischen Beobachtungen, welche nur den Zweck verfolgten, die An- oder Abwesenheit von Drüsen darzuthun, an den mitgebrachten Alkoholpräparaten im physiologischen Institute zu Heidelberg.

Controlversuche, ausgeführt mit den gekochten Extracten und der nämlichen Zusatzflüssigkeit, begleiteten sowohl die fibrinverdauenden als die die Stärke saccharificirenden Versuche. Nur einige Bestimmungen, bei denen Weinsäure als Zusatz diente, konnten wegen Mangel an Material nicht in dieser Weise controlirt werden; doch dürften hierdurch die Resultate kaum beeinflusst werden.

Die Versuche über die Fibrinverdauung wurden bei einer Temperatur von 36—40° C. ausgeführt. Die Digestion währte nur (in den im Text besonders angegebenen Fällen) ausnahmsweise länger als 48 Stunden; für gewöhnlich genügten, wenn überhaupt eine fibrinverdauende Wirkung des Organauszuges vorhanden war, wenige Stunden, um ein positives Resultat zu erzielen.

Zu den Versuchen, welche über das Vorkommen von Diastase entscheiden sollten, dienten die durch Dialyse gereinigten Auszüge; doch braucht kaum bemerkt zu werden, dass vorher mit den directen, nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen experimentirt, und das Ergebniss für entscheidend angesehen wurde, wenn dasselbe ein constantes war, und der Controlversuch dessen Richtigkeit ausser Frage stellte. Die diastatische Wirkung wurde an gekochter Stärke nach einer 2—3stündigen Digestion bei 38—40° C. und die Saccharification durch die *Trommer'sche*, bei einem negativen Ergebnisse ausserdem noch mit der *Böttcher'schen* Probe geprüft.

Alle im Text referirten Versuche wurden mehrfach von mir ausgeführt, oft mit verschiedenen Extracten (Glycerin-, wässriger-, Säureauszug) und mit den Organen von verschiedenen Individuen. Das gilt besonders von den untersuchten Echinodermen, welche mir in grosser Menge zur Verfügung standen.



der Lösung zerstörend auf das Enzym. Die zur Erhärtung dieses Satzes angestellten Versuchsreihen sind dieselben, welche bei dem Conchopepsin zu dem gleichen Resultate führten<sup>1)</sup>, und auf welche ich wohl verweisen darf. Ein diastatisches Enzym<sup>2)</sup> konnte ich in den durch Dialyse im fließenden Wasser von den die Zuckerprobe sehr beeinträchtigenden Pigmenten und Peptonen befreiten Glycerinauszügen des Spongiengewebes bei *Hircinia variabilis*<sup>3)</sup> und *Chondrosia reniformis* nachweisen, während ein solches bei *Suberites domuncula* vermisst wurde.

Presste ich die Schwämme mit der Hand stark aus, sodass ich erwarten durfte, den Inhalt der sogenannten Gastrovascularräume ziemlich vollständig ausgedrückt zu haben, so bekam ich eine neutrale Flüssigkeit, welche sich beim Kochen und auf Zu-

1) Vergleichend-physiolog. Beiträge z. Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 11 ff.

2) Das Vorkommen der Diastase neben Pepsin und selbst, wie es am prägnantesten beim Flusskrebs zu demonstrieren ist, in sauren Secreten veranlasste mich, auch einige Versuche darüber anzustellen, ob das diastatische Enzym in diesem Vorkommen eine gewisse Immunität gegen verdünnte Säuren besitzt, in welchen die Diastase des Speichels und des Pankreas auf gekochte Stärke unwirksam ist. Diese Versuche habe ich ausser mit dem Glycerinauszuge von *Hircinia variabilis* noch mit dem wässrigen Extracte der Leber von *Astacus fluviatilis* ausgeführt und mich überzeugt, dass sich auch die Diastase dieser Thiere in 0.1 pCt. HCl als vollkommen unwirksam erweist; in dem zwar auch constant deutlich sauren Lebersecrete vermag sie beim Krebse aber sehr wohl gekochte Stärke in wenigen Minuten zu saccharificiren. In Milchsäurelösungen von 0.5—2 pCt., in Weinsäure von 1 pCt. und in Essigsäure von 0.5 pCt. hatte weder das diastatische Enzym von *Hircinia variabilis* noch das aus der *Astacus* leber seine Wirkung auf gekochte Stärke eingebüsst.

3) Nicht ohne Interesse dürfte die ausgezeichnete Fluorescenz sein, welche das Glycerinextract von *Hircinia variabilis* besonders im grünen Lichte zeigt. Im Spectrum dieses Auszuges erscheint (bei einer Verdunklung bis dicht vor a und am violetten Ende schwach zunehmend von F bis G) dicht hinter D ein tief dunkles Absorptionsband. Ein schwächer markirter Streifen findet sich unmittelbar vor F. Mit zunehmender Concentration der Lösung erfolgt vom violetten Ende her eine Verdunklung des Spectrums bis D, während die Absorptionsgrenze vor a constant bleibt.



satz von Salzsäure oder Essigsäure nicht trübte. Kalilauge rief in derselben einen weissen Niederschlag hervor, welcher sich beim Glühen nicht schwärzte und also nur aus anorganischen Stoffen bestand. Ebenso wenig gelang mir mittelst Natronlauge und Kupfervitriol die Pepton- oder Eiweissreaction, und eine eiweissverdauende Wirkung in 0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure oder 2 procentiger Sodalösung war gleichfalls nicht zu erzielen. Es verhielt sich der Presssaft aus den Schwämmen wie Meerwasser, und alle Versuche, einen experimentellen Anhalt für die Production von Verdauungssäften zu gewinnen, blieben bei den Spongien ebenso erfolglos wie bei den Actinien, Acalephen und Alcyonien. Unter anderm habe ich mit einer feinen Pipette den flüssigen Inhalt des cölenterischen Raumes einer lebenden *Aurelia aurita* gesammelt und finde denselben wie den 2 procentigen Soda- oder 0.1 procentigen HCl-Auszug eines Ballens von Filtrirpapier, welcher in diesem Raume etwa 40 Stunden verweilt hatte, nach 4 Tagen ohne jede eiweissverdauende Wirkung, sowohl in saurer (0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure) als in alkalischer (2 procentiger Soda-)Lösung. Auch in den Gastrovascularraum einer lebenden, grossen *Aurelia aurita* gebrachtes rohes Fibrin war nach 24 Stunden noch sichtlich unverändert.

Die meinen Resultaten scheinbar widersprechenden Angaben, denen zu Folge Fische wie Crustaceen von mehr als Zolllänge, trotzdem sie zum Theil aus der Mundöffnung hervorragten, bis auf das Skelet in den Magensäcken der Cölenteraten vollständig verdaut waren <sup>1)</sup>, finden in einer eingetretenen Selbstverdauung

---

<sup>1)</sup> Derartige Beobachtungen können für eine Production von Verdauungssecreten selbstverständlich nichts beweisen, weil die Organismen, welche man von den Cölenteraten aufgenommen sah, in ihrem Körper selbst reichlich Verdauungsenzyme enthalten, mittelst deren ihre Leibessubstanz ebenso vollständig als durch secundär hinzugemischte verdaut werden kann. Cf. z. B. *Bronn* (Klassen und Ordnungen des Thierreiches. Bd. II. 1860. S. 106) über *Physalia*.



des Aufgenommenen ihre Erklärung, und die oft constatirte Thatsache, dass Quallen von andern Quallenarten gefressen werden, wird auf Resorption beruhen und nicht die Folge einer enzymatischen Verdauung sein. In Erwägung der Thatsachen, dass z. B. bei *Rhizostomum Cuvieri* die Mundöffnung nur in der Jugend vorhanden, später zugewachsen ist, und dann die Aufnahme der Nahrung durch Saugröhren, ähnlich wie bei den Acineten erfolgt, dass die weite Mundöffnung bei anderen Cölenteraten und der Wasserstrom, welcher die cölenterischen Räume der Spongien durchspült, eine ausgiebigere Secretproduction sehr wenig nutzbringend erscheinen lassen, wird die Möglichkeit am meisten für sich haben, auf welche mich Herr Geh. Rath *Kühne* aufmerksam machte, dass viele Cölenteraten auf die Enzyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass mittelst dieser vorzugsweise die Verflüssigung der Nahrung in den cölenterischen Räumen dieser Thiere erfolgt. Das Körpergewebe ist aber wenigstens bei einigen Arten unter den höheren Cölenteraten nicht weniger mit Enzymen geschwängert, als das der Spongien.

So finde ich z. B. bei *Anthea viridis* einen bemerkenswerthen Enzymgehalt in den verschiedensten Organen, und merkwürdigerweise sind die enzymatischen Eigenschaften der Auszüge von den Septen und Tentakeln andere, als die des Auszuges von den halskrausenartigen Geschlechtsdrüsen. Das Glycerinextract von den Septen des cölenterischen Raumes besass keine eiweissverdauende Wirkung in neutraler wässriger und 2 procentiger Soda-lösung; wohl aber wirkte es in 1—2 Stunden auf rohes Fibrin in 0.1—0.2 pCt. HCl, 1—4 pCt. Weinsäure und 0.5—4.0 pCt. Milchsäure verdauend ein; ein negatives Resultat ergab sich zwar auch in den Oxalsäure- (0.5—4 pCt.) und Essigsäure- (1 pCt.) haltigen Lösungen. Ebenso unwirksam in alkalischer und neutraler Flüssigkeit erwies sich das Enzym der Tentakeln, welches nicht weniger rasch in 0.2 procentiger HCl rohes Fibrin verdaute.



Unter den Verdauungsproducten befanden sich reichlich Peptone, nachweisbar in dem Dialysate durch das *Millon'sche* Reagens sowie durch Natronlauge und Kupfervitriol, und in der verdauten Flüssigkeit entstand ein starker Neutralisationsniederschlag.

Die Geschlechtsdrüsen von *Anthea* enthielten, wie analoge Verdauungsversuche mit den Glycerinauszügen ergaben, von Enzymen dieser Art nichts; sie enthielten aber ein tryptisches Enzym, welches rohes (kein gekochtes) Fibrin unter Bildung von Peptonen in einer 2procentigen Sodalösung und in Wasser bei neutraler Reaction in etwa 4 Stunden verdaute. Diastase war bei *Anthea* in keinem dieser Auszüge auch ohne vorhergegangene Dialyse durch eine saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke nachzuweisen.

Bei *Alcyonium palmatum* gelang die Extraction von eiweissverdauenden oder gekochte Stärke diastatisch verändernden Enzymen durch eine Behandlung des lebenden Gewebes aus dem Cöenchym wie einer grossen Anzahl aus dem gemeinsamen Stamme herausgedrückter Einzelpolypen mit Säure (0.2 pCt. HCl), Sodalösung (2 pCt.), Wasser oder Glycerin nicht. Der Presssaft aus den Geweben (auf einen Gehalt von 2 pCt. Essigsäure, 0.2 pCt. Soda gebracht) war ebenfalls in saurer und alkalischer Lösung dem rohen Fibrin gegenüber unwirksam.

Allen Vermuthungen über eine functionelle Bedeutung dieser Enzyme in den Geweben der Cölenteraten fehlt eine sichere Grundlage. Meine Untersuchungen beweisen zur Zeit nur, dass die Enzymproduction bei diesem Evertebratentypus keineswegs in der Weise localisirt und der Darmverdauung nutzbar gemacht ist, wie bei Arthropoden und Mollusken. Zwischen den letztgenannten Typen der Wirbellosen und den Cölenteraten bilden die Verhältnisse, welche ich bei den Echinodermen antreffe, ein ausgezeichnetes Bindeglied.

Bei *Synapta digitata*, an deren Darm ebenfalls



*Baur*<sup>1)</sup> keine Drüsen bemerken konnte, gelang mir weder durch die wässrige noch durch die Glycerinextraction die Gewinnung eines in saurer oder alkalischer Lösung rohes Fibrin verdauenden Enzymes. Diastase war durch die saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke in dem durch Dialyse gereinigten Darmglycerinauszuge nachzuweisen.

Der flüssige und neutrale Darminhalt von *Holothuria tubulosa* verdaute grosse Mengen rohen Fibrins unter Bildung von Peptonen in wenigen Stunden. Merkwürdig ist es desshalb, dass mir eine Enzymgewinnung aus dem gereinigten Darms der *Holothuria* nicht gelang, obgleich zur Glycerinextraction der ganze Darm von 7 grossen Exemplaren Verwendung fand. Weder in Essigsäure, Weinsäure und Salzsäure verschiedener Concentrationen noch in 2procentiger Sodalösung liess sich eine Wirkung auf rohes Fibrin bei 20—40° C. erkennen, und diastatisch wurde gekochte Stärke durch den Glycerinauszug nicht verändert. Die mikroskopische Untersuchung von Schnitten aus dem Anfangs-, Mittel- und Endtheile des Darmes lieferte gleichfalls keine Beweise für das Vorhandensein secretorischer Organe in dem Darmrohre. Ebenso führten alle Versuche, aus den *Poli*'schen Blasen, den *Cuvier*'schen Organen, den Wasserlungen, dem Blute der *Holothuria* Enzyme zu extrahiren, nur zu negativen Resultaten, und es muss desshalb zweifelhaft erscheinen, ob das tryptische Enzym im Darminhalte der *Holothuria* aus der aufgenommenen Nahrung stammt, oder ob die Enzymbildung langsam und die Ausscheidung der Secrete so rasch erfolgt, dass in den secretorischen Bezirken nur höchst geringe Mengen davon vorhanden sind, oder ob bei einer bedeutenderen enzymatischen Secretproduction die Enzyme aus den Geweben durch die angewandten Extractionsmittel nicht in Lösung zu bringen sind. Letzterer Ueberlegung

<sup>1)</sup> *A. Baur*, Beiträge z. Naturgeschichte der *Synapta digitata*. Erste Abhandlung. Zur Anatomie der *Synapta digitata*. Dresden 1854, S. 27.



stehen erhebliche Bedenken entgegen, welche sich bei nahe verwandten Arten (*Cucumaria Planci*) offenbaren. Aber auch bei *Holothuria tubulosa* findet sich in einem extraintestinalen Organe reichlich Pepsin. Die linke Hälfte der Wasserlungen wird bekanntlich bei den *Aspidochiroten* von einem Blutgefäßnetz innig umspinnen, und das Glycerinextract dieses Geflechtes enthält ein peptisches, kein in 2procentiger Sodalösung Eiweissstoffe verdauendes tryptisches Enzym und keine Diastase. Das peptische Enzym verdaut rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 0.4—4 pCt. Milchsäure, 0.5—2 pCt. Essigsäure, 4 pCt. Weinsäure und ist auch nicht ganz unwirksam in 0.5procentiger Oxalsäure; in 4procentiger Oxalsäurelösung wurde das Fibrin aber nicht mehr peptisch verändert<sup>1)</sup>. Im Verlaufe einer Stunde wurde rohes Fibrin in 0.2procentiger HCl regelmässig verdaut.

Dass dieses Pepsin nicht von dem Darne aus resorbirt worden ist, wird damit verbürgt, dass das ganze Darmrohr stets enzymfrei gefunden wurde. Die Blutgefäße müssen an dieser Stelle drüsige Elemente enthalten, welche die Enzymproduction selbst besorgen. Das Glycerinextract und der Inhalt der Darmgefäße von *Holothuria tubulosa* besitzt in sauren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen keine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin; die Enzyme gelangen demnach aus den Blutgefäßdrüsen auf secretorischem Wege nicht in das schleimige Blut. Die functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes in dem Geflechte, welches bei der *Holothuria* die Blutgefäße mit der einen Wasserlunge bilden, ist ebenso unverständlich wie das Vorkommen des Pepsins im Körpergewebe der Spongien und Cö-

---

<sup>1)</sup> Diese Verhältnisse schon ahnend, bemerkt *C. Semper* (Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter Theil. Bd. I. Holothurien. 1868, S. 101) Folgendes: „Besondere drüsige, der Leber etc. zu vergleichende Organe fehlen den Holothurien gänzlich; dagegen treten die Wassergefäße sowohl wie die Blutgefäße in eigenthümliche Verbindung mit bestimmten Theilen des Darmes.“



lenteraten. Ich hatte während meines Triestiner Aufenthalts versäumt, die Reaction des Blutes bei den Holothurien zu prüfen. Herr Dr. *E. Græffe*, welchem ich in so vielfacher Weise zum Danke verpflichtet bin, hat die Güte gehabt, dieselbe festzustellen. Er findet sie einer brieflichen Mittheilung nach bei *Holothuria tubulosa* meist neutral, doch scheint das Blut unter Umständen auch eine schwach saure Beschaffenheit annehmen zu können, und dadurch würde die Bedingung erfüllt sein, welche das peptische Enzym wirkungsfähig werden läßt.

Während bei *Holothuria tubulosa* kein den Mollusken- und Arthropodenlebern functionell gleichwerthiges Organ nachzuweisen war, ist ein solches bei *Cucumaria Planci* in den vordern, dunkelgelben, langen Darmanhängen gegeben. Das Glycerinextract dieser Schläuche verdaute rohes (kein gekochtes) Fibrin in neutraler, alkalischer (2procentiger Sodalösung) und saurer (0.2procentiger HCl, 0.5procentiger Oxalsäure, 1.0—4.0procentiger Weinsäure und 0.5—4.0procentiger Essigsäure) Lösung bei 40° C. im Laufe von 2—3 Stunden. Aus den Wasserlungen, den *Poli'schen* Blasen und den *Cuvier'schen* Organen konnten auch bei *Cucumaria* durch Glycerinextraction keine enzymatische Flüssigkeiten erhalten werden; weder gelang mit diesen Auszügen die Saccharificirung gekochter Stärke, noch die Verdauung rohen Fibrins in saurer oder alkalischer Lösung.

Die dottergelben Darmanhänge der *Cucumaria* finden ein vollständiges Analogon in den Lebern der Asteriden. Der wässrige — wie der Glycerinauszug aus den Seesternlebern, den sogenannten Radialanhängen des Darmes, übte eine peptische und tryptische Wirkung auf rohes Fibrin aus und saccharificirte wie das Glycerinextract der *Cucumarialebern* gekochte Stärke. Meine Untersuchungen wurden ausgeführt an *Astropecten aurantiacus* und an *Asteracanthion glacialis*. Aus den Lebern beider Seesterne ließen sich dieselben Enzyme gewinnen,



welche bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten die gleichen Eigenschaften äusserten. Ich erhielt eine fibrinverdauende Wirkung in thymolisirter 2procentiger Soda- und in thymolisirter neutraler, wässriger Lösung (tryptisches Enzym), in 0.5—4.0procentiger Weinsäure (in der 4procentigen und 1procentigen Lösung war das Fibrin bereits nach einer halben Stunde verdaut, während die Verdauung in 0.5procentiger Weinsäure einige Stunden erforderte), 0.5—4.0procentiger Milchsäure, 0.2procentiger HCl und in 1—4procentiger Essigsäure, während die Wirkung in 0.5procentiger Essigsäure und 0.5—1.0procentiger Oxalsäure äusserst gering war. In der thymolisirten Sodalösung wurde von dem tryptischen Enzyme unter Bildung von Peptonen auch gekochtes Fibrin verdaut: eine Eigenschaft, welche meinen Untersuchungen zufolge dem Molluskentrypsin fehlt. Eine Verdauung von gekochtem Fibrin bei Säurezusatz liess sich nicht erzielen.

Trotzdem bei den Seesternen wohlentwickelte Drüsenmassen alle für die Verdauung nothwendigen Enzyme liefern, ist die Localisation der Enzyymbildung doch auch hier keine vollständige. Das Glycerinextract wie der wässrige Auszug der sogenannten *Tiedemann'schen* Körperchen enthalten dasselbe peptische Enzym wie die Asteridenlebern, während das tryptische in diesen Drüsen fehlt. Die Möglichkeit, dass das in diesen Drüsen nachweisbare Pepsin vom Magen aus resorbirt wurde, ist meiner Ansicht nach durch das Fehlen des tryptischen Enzymes in den *Tiedemann'schen* Körperchen ausgeschlossen. Durch die alkalische Leibesflüssigkeit würde das Pepsin sicherlich auch viel eher zerstört worden sein als das tryptische Enzym, an welchem das Lebersecret der Asteriden viel reicher ist als an Pepsin. Sehr reich an Diastase waren die *Tiedemann'schen* Körperchen von *Astropecten aurantiacus*; sie konnte in dem Glycerinauszuge von nur vier dieser Drüsen nach der mehrfach von



mir beschriebenen<sup>1)</sup> Methode leicht nachgewiesen werden. Aus dem in fließendem Wasser längere Zeit ausgewaschenen Darne von *Astropecten* war ebenfalls durch Glycerin ein peptisches Enzym zu gewinnen, welches in Milchsäure (0.5—4 pCt.), Weinsäure (1—4 pCt.), Essigsäure (0.5—2 pCt.) und in 0.2 procentiger Salzsäure Flocken rohen Fibrins in wenigen Stunden vollständig verdaute. Der Beweis für das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme (eines tryptischen und eines peptischen) in den Asteridenlebern wurde in derselben Weise geführt, wie für die Lebern von *Astacus fluviatilis*, den Cephalopoden und Limaciden. Auch dieses Pepsin wird durch eine eintägige Digestion mit einer 0.2 procentigen Sodalösung zerstört und ebenso das tryptische durch Digestion mit einer 0.2 procentigen HCl. Entfernt man die Zusatzflüssigkeiten nach genügender Einwirkung auf dialytischem Wege, so erhält man enzymatische Lösungen, frei von peptischen Eigenschaften in 0.2 procentiger HCl und in organischen Säuren von höherer Concentration resp. tryptisch unwirksame Flüssigkeiten ohne fibrinverdauende Eigenschaften in 2 procentiger Soda oder bei neutraler Reaction.

Von den Echiniden gelangten *Toxopneustes lividus*<sup>2)</sup> und *brevispinosus* lebend und in hinreichender Menge zur Untersuchung. Der im Darne angesammelte Verdauungssaft, ohne ausgeprägte saure oder alkalische Reaction, verdaute rohes Fibrin in alkalischer (2 pCt. Soda) und saurer (0.2 pCt. HCl) Lösung in 2—3 Stunden. Mittels der Darmglycerinauszüge beider *Toxopneustes*arten wurden die Eigenschaften bei Zusatz von organischen Säuren ermittelt, welche wesentlich mit denen des pep-

<sup>1)</sup> l. c. S. 43.

<sup>2)</sup> Der alkalische Auszug des intensiv roth gefärbten Darmes von *Toxopneustes lividus* zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor a resp. bis zwischen E und D einen deutlichen Absorptionsstreifen dicht hinter a, der Lage nach identisch mit dem des alkoholischen Extractes von *Comatula mediterranea*.



tischen Enzymes bei den Asteriden übereinstimmen und in der Tabelle verzeichnet sind. Diastase war in den Darmglycerinauszügen beider Arten nachweisbar.

Bei den Echiniden dürfte somit die Existenz einer Darmsecretion nachgewiesen sein, da das Glycerinextract stets von wohl gereinigten Därrnen angefertigt wurde, und die Eigenschaften desselben die nämlichen sind als die des natürlichen Verdauungssaftes. Dieses Ergebniss ohne Weiteres auf die Holothurien, deren Darmgewebe von mir enzymfrei gefunden wurde, zu übertragen, muss als unzulässig gelten; weitere ausgedehnte Versuchsreihen mit dem Darne der Holothurien lassen die erkannten Verhältnisse bei den Echiniden aber sehr wünschenswerth erscheinen.

Ist nach den mitgetheilten Ergebnissen eine nachträgliche Verdauung des Resorbirten in den Gefäßdrüsen und andern extraintestinalen Organen bei den niedern Evertibraten nicht ganz unmöglich, so fehlt bei den Würmern, Arthropoden und Mollusken jeder experimentelle Nachweis einer weitem enzymatischen Veränderung des Aufgenommenen, speciell der Eiweisssubstanzen, ausserhalb des Verdauungsapparates.

Bei einigen Vertretern der verschiedenen höheren Evertibratenklassen<sup>1)</sup> findet sich aber eine Einrichtung des Verdauungsapparates so seltsam und abweichend von allem sonst Bekannten, dass sie hier nicht unerörtert gelassen werden darf. Es sind dies Erweiterungen der Lebergänge, beträchtlich genug, um den Chymus aus dem Darmrohre in sie eintreten zu lassen. Doch werden da, wo die Gallensecretion eine stetige ist, oder wo

---

<sup>1)</sup> Darmanhänge dieser Art finden sich unter den Würmern z. B. bei Planarien und Trematoden; bei den Aeolidiern unter den Mollusken, und bei den Araneinen und Pycnogoniden unter den Arthropoden (cf. F. Plateau, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877. p. 98).



Sphincteren den Lebergang am intestinalen Ende verschliessen können, dem Eintreten von Nahrungsstoffen unüberwindliche Schwierigkeiten erwachsen. Die letzteren Factoren sind in der umfangreichen Literatur über den Phlebenterismus nicht genügend berücksichtigt, und es ist deshalb eine kurze Auseinandersetzung dieser Verhältnisse hier erforderlich.

Lässt sich nachweisen, dass der Speisebrei in die erweiterten Lebergänge eintritt, dass in ihnen noch verdaut und resorbirt wird, dann bediene ich mich der Bezeichnung: Canales hepato-intestinales<sup>1)</sup>. Diese Gebilde deuten wohl am sichersten auf eine gegenseitige functionelle Beziehung zwischen der Darm- und Gefässentfaltung hin.

Dass in die Darmanhänge der Aeolidier Nahrung gelangt, dass in ihnen wie im Darmrohre verdaut wird, ist durch die Beobachtungen von *H. Milne-Edwards*, *Quatrefages*, *Hancock* und *Embleton*, *Alder* und *Nordmann*, *Bergh* u. A. festgestellt. Dass bei den Wirbellosen, welchen diese Einrichtung zukommt, das Körperparenchym mehr im Chylus als in einer dem Blute ähnlicheren Flüssigkeit gebadet wird, dass die Circulation der Nahrungssäfte der Resorption gegenüber zurücktreten muss, ergibt sich aus den anatomischen Befunden von selbst, und dass in diese Blindsäcke enzymatische Secrete ergossen werden, ist mir durch die Extraction eines peptischen Enzymes aus diesen Organen einiger unbestimmbarer Aeolisarten in Triest nachzuweisen gelungen. Die abgelösten Papillen (cf. *R. Bergh*, *Malakolog. Unters.*, I. Hälfte 1870—1875, S. 5) wurden mit Glycerin verrieben und so ein Filtrat erhalten, welches in 2procentiger Essigsäure, 1- und 4procentiger Milchsäure, 0.2procentiger Salz-

---

<sup>1)</sup> Die Bezeichnungen: canaux gastro-hépatiques und appareil gastro-vasculaire, welche *H. Milne-Edwards* vorgeschlagen hat, drücken, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, die Functionen dieser Gebilde nicht richtig aus.



säure und in 4procentiger Weinsäure rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in 2—3 Stunden verdaute; in 2procentiger Soda-lösung war dieser Auszug nach zwei Tagen ohne fibrinverdauende Eigenschaften, und gekochte Stärke wurde während drei Stunden bei 40° C. von ihm nicht in Zucker verwandelt.

Der Hepato-Intestinalapparat der Aeolidier erinnert äusserlich sehr an die cölenterischen Räume der Acalephen und an die Leberblasen der Aphroditen, mit welchen er nicht selten functionell verglichen ist. Berechtigt ist dieser Vergleich ohne eine experimentelle Begründung nicht; meine Versuche, die ersten, welche in dieser Hinsicht angestellt wurden, führen vielmehr zu ganz anderen Schlussfolgerungen.

Es sei zuerst darauf hingewiesen, dass ein Magen, wie er bei den Vertebraten existirt, d. h. ein Verdauungsraum, welcher seine specifischen Enzyme besitzt (mögen dieselben von mehr oralwärts gelegenen Bezirken<sup>1)</sup> oder von eigenen Magendrüsen geliefert werden), bei den Wirbellosen nicht nachgewiesen ist. Alle Forscher, welche über diesen Punkt experimentelle Erfahrungen gesammelt haben, sind von der Richtigkeit dieses Satzes überzeugt. Was die vergleichenden Anatomen bei Mollusken, Arthropoden und Würmern „Mägen“ nennen, sind einfache Darmerweiterungen und kein triftiger Grund ist jemals vorgebracht<sup>2)</sup>, welcher diese Bezeichnung rechtfertigen könnte. Es scheint nach meinen Untersuchungen ein wesentlich functioneller Unterschied zwischen den Verdauungsräumen der höhern Everte-

---

<sup>1)</sup> Cf. *H. von Swięicki*, Untersuchung über die Bildung und Ausscheidung des Pepsins bei den Batrachiern. *Pflüger's Archiv*. Band XIII. S. 444.

<sup>2)</sup> Nach *Keferstein* (*Bronn*, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Band III. 2. Abtheilung 1862—1866. S. 9, 54) ist für die Bezeichnung einer Darmerweiterung — wie sie besonders bei den Mollusken in sehr wechselnden Formen nicht nur bei nahestehenden Arten, sondern auch bei ein und derselben Species (*Pleurobranchus*) vorkommen — als Magen



braten und den cölenterischen Räumen der Cölenteraten zu bestehen. Bei den ersteren findet unzweifelhaft die Verdauung mittelst selbst producirter, enzymatischer Secrete statt, was sich für die Cölenteraten keineswegs behaupten lässt, weil die in dieser Hinsicht angestellten Versuchsreihen nur zu negativen Ergebnissen führten<sup>1)</sup>. Findet aber kein Secreterguss in die cölenterischen Räume statt, so wird man die mehr der Resorption und Irrigation des Körpergewebes dienenden Ramificationen derselben kaum den Hepato-Intestinalcanälen der Aeolidier vergleichen können. Bevor der Beweis für eine Enzymsecretion bei den Cölenteraten nicht erbracht ist, wird man desshalb zweckmässig auf diesen Vergleich verzichten.

Die Canales hepato-intestinales der Aeolidier sind also, wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, gefässartige Erweiterungen der verdauenden Cavität selbst; in sie gelangen enzymatische Secrete, in ihnen wird verdaut, in ihnen wird sicherlich auch resorbirt. Ganz abweichend davon sind die Verhältnisse bei den Aphroditen<sup>2)</sup>. In den sog. verzweigten Cöcal-

---

die Mündungsstelle der Gallengänge massgebend. Da das Lebersecret sich aber sowohl oral- wie analwärts im Darmrohre vertheilt, und mittelst desselben, soviel bekannt ist, die Verdauung ausschliesslich erfolgt, bietet auch die Insertion der Gallengänge keinen Anhalt für diese rein functionelle Bezeichnung.

<sup>1)</sup> Cf. auch *G. H. Lewes*, Naturstudien am Seestrande. Berlin. 1859. S. 206 ff.

<sup>2)</sup> *Siebold*, *Milne Edwards* und *Gegenbaur* halten in ihren anatomischen Handbüchern die Auffassung fest, welche auch *Ehlers* (die Borstenwürmer, Leipzig 1864—1868, S. 26) adoptirt zu haben scheint, dass die Cöcalanhänge der Aphrodite einfache Aussackungen des Darmrohres darstellen, in welchen verdaut und resorbirt wird. Die Beobachtungen, welche diese Ansicht stützen, sind nicht beweiskräftig genug, da eine aus technischen Gründen nothwendige Präparationsmethode: die Anhänge von ihrem blinden und nicht von dem intestinalen Ende aus zu öffnen, dabei wahrscheinlich unterlassen wurde. Der zähe Darminhalt haftet sehr fest am Metalle der einzuführenden Instrumente und führt in Folge dessen leicht zu falschen Beobachtungen. Ich fand bei allen untersuchten Aphroditen und Her-



anhängen dieser Borstenwürmer wird nicht verdaut: in ihnen erfolgt keine Resorption von Verdauungsproducten, sondern diese „Leberblasen“ dienen lediglich der Secretion, der Aufbewahrung und Ableitung des Secretes. Sie sind nicht analog den Blindsäcken am Darmkanale der Hirudinen, vielleicht aber der sog. „grünen Drüse“ der Siphonostomen.

Der in den Leberblasen von *Hermione hystrix* und *Aphrodite aculeata* enthaltene Verdauungssaft verdaut in thymolisirter alkalischer (2procentiger Sodalösung) und neutraler wässriger Flüssigkeit rohes und gekochtes Fibrin im Laufe von  $\frac{1}{2}$ —2 Stunden. Es finden sich unter den Verdauungsproducten Peptone und sehr reichlich bilden sich durch Neutralisation fällbare Eiweisskörper. Ein Liter steifer Fibringallerte wurde in wenigen Stunden verdaut, ohne dass unter den Verdauungsproducten Tyrosin und Leucin nachweisbar waren, und auch die Bromwasserreaction gelang mit der verdauten Masse nie. Da das Arthropodentrypsin, welches vielleicht echtes Trypsin ist und nicht energischer auf die Eiweissstoffe wirkt wie das try-

---

mionen die Cöcalanhänge stets gefüllt mit dem dunkelgrünen Verdauungssaft, der bei gefültem und leerem Darne gleich gefärbt war und nie feste Theile aus dem Darminhalte erkennen liess. Wäre es Chymus, welcher sich in den Leberblasen angesammelt hatte, wie *Th. Williams* (Report on the British Annelida. Report of the British Association. London 1852, S. 237) glaubt, so müssen sich nothwendig Unterschiede in der Färbung dieses Inhalts, der aufgenommenen Nahrung entsprechend, geltend machen. Das ist aber nicht der Fall, wie ich mich an vielen Exemplaren von *Aphrodite aculeata* überzeugen konnte, und zu kühn ist der Glaube, dass der fast farblose Chymus des Darmes beim Eintritt in die Cöcalanhänge grün wird. Der Inhalt der Leberblasen bei den Aphroditen hat ferner dieselben physikalischen und enzymatischen Eigenschaften wie das Secret der „grünen Drüse“ von *Siphonostoma diplochaïtos*, welche schwerlich Jemand als ein Chymusreservoir ansprechen würde. Auch ist es unverständlich, wie die constante und meist pralle Spannung der Leberblasen bei *Aphrodite* einen Eintritt des Speisebreies in die Lebergänge ermöglichen soll, und ausserdem scheint noch ein Sphincter die intestinale Mündung periodisch zu verschliessen, worauf schon *Milne Edwards* (Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. V. p. 433, Note 1) hinwies.



tische Enzym der Würmer, bei Einwirkung auf nur wenige Fibrinflocken schon nachweisbare Mengen des die Bromwasserreaction hervorrufenden Körpers bildet, so ist kaum daran zu zweifeln, dass das Trypsin der Würmer von dem der Arthropoden wesentlich verschieden ist<sup>1)</sup>. Viele Eigenschaften theilt es zwar mit dem echten Trypsin. So wirkt es z. B. bei 40° C. energischer als bei 22 und 12.5° C.; es wird durch mehrstündige Digestion mit 0.2procentiger Salzsäure zerstört und ist in neutraler Lösung unfähig, selbst nach tagelanger Einwirkung das Pepsin unwirksam zu machen. Dieses tryptische Enzym möge fernerhin „Isotrypsin“ heißen; es ist vielleicht dasselbe, welches ich in den Asteridenlebern nachweisen konnte und auch ver-

---

<sup>1)</sup> Bei *Lumbricus terrestris*, aus welchen die Enzyme durch Verreiben des ganzen Thieres mit Glycerin gewonnen wurden, gelang mir zwar einmal mit der in 2procentiger Sodalösung verdauten Fibrinmasse die Bromwasserreaction. Da diese Beobachtung sich mit den Resultaten, welche die reinen Secrete der Borstenwürmer lieferten, in Widerspruch befand, so habe ich die Versuche mit verschiedenen *Lumbricus*arten wiederholt, und es ergab sich, dass auch das tryptische Enzym der Lumbriciden kein Verdauungsproduct bildet, welches durch die Bromwasserreaction erkannt wird. Ich vermuthete, dass in dem einen Ausnahmefalle den Darmcontenten von *Lumbricus* eingebettete kleine Arthropoden, welche mit der Erde vielleicht zufällig aufgenommen waren, die Ursache für die Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers abgaben.

Durch meine jüngst auf Helgoland mit dem Verdauungssaft von *Arenicola piscatorum* angestellten Verdauungsversuche ist die Gegenwart von Isotrypsin in der Verdauungsflüssigkeit dieses tubicolen Wurmes ebenfalls bewiesen; rohes wie gekochtes Fibrin wurde bei alkalischer Reaction des Verdauungsgemisches (2procentige Sodalösung diente als Zusatzflüssigkeit) davon bei 38° C. in einer halben Stunde verdaut, ohne dass sich unter den Verdauungsproducten die durch die Bromwasserreaction gekennzeichnete Substanz gebildet hatte. Der Darmsaft von *Arenicola*, welcher eine deutlich alkalische Reaction besitzt, enthält ausser Isotrypsin aber auch noch ein peptisches Enzym; denn er ist fähig in 0.2procentiger HCl rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in etwa zwei Stunden zu verdauen. Gleichfalls reich ist derselbe an Diastase, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. im Laufe von einer halben Stunde aus Stärkekleister eine erhebliche Menge Zuckers gebildet hatte.



schieden von dem tryptischen Enzyme der Mollusken, welches eine Wirkungsfähigkeit auf gekochtes Fibrin nicht zu besitzen scheint.

In schwachen Lösungen organischer Säuren ist das Isotrypsin gleichfalls nicht unwirksam; in 0.5procentiger Weinsäure, 0.5- und 1procentiger Milchsäure, sowie in 0.5procentiger Essigsäure liess sich rohes Fibrin sehr gut verdauen. Wurde der Verdauungssaft aus den Leberblasen durch Auswaschen sorgfältig entfernt, so liessen sich aus denselben durch Extraction mit Glycerin oder 2procentiger Sodalösung tryptisch wirksame Flüssigkeiten erhalten; jedoch von viel geringerer Wirkungsenergie als sie das natürliche Secret besass. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Secretbildung in den Drüsen dieser Anhänge sehr langsam, aber stetig geschieht, und dass aus diesem Grunde eine so complicirte Einrichtung des Secretreservoirs für die Aphroditen von Nutzen ist.

Wurde der Verdauungssaft dieser Chaetopoden auf einen Gehalt von 0.1 pCt. HCl oder 4 pCt. Essigsäure gebracht, so wirkte er während mehrerer Tage nicht fibrinverdauend, wodurch die Abwesenheit des peptischen Enzymes in demselben dargethan sein dürfte. An Diastase, welche in bekannter Weise nachgewiesen wurde, war der Verdauungssaft reich. Aus den Darmcontenten erhielt ich durch die wässrige Extraction neben Diastase dasselbe tryptische Enzym, welches in den Leberblasen aufgefunden wurde, während Pepsin auch in diesen Auszügen fehlte. Aus dem gereinigten Darmrohre, und insbesondere aus dem ösophagealen Abschnitte desselben liessen sich bei *Aphrodite aculeata* durch Behandlung mit Glycerin, 0.2procentiger HCl, 2procentiger Sodalösung oder Wasser keine diastatisch, tryptisch oder peptisch wirkende Auszüge gewinnen. Unrichtig ist also die Vermuthung von *Williams* (l. c. S. 237), dass bei *Aphrodite aculeata* Zotten des Oesophagus Verdauungssäfte liefern.



Bereits früher<sup>1)</sup> wurde von mir mitgeteilt, dass sich aus dem Darmtractus von *Hirudo officinalis* keine enzymatische Auszüge gewinnen lassen. Wie bekannt finden sich aber beim Blutegel in der Nähe der Kiefer becherförmige Drüsen, und es war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Verdauungssäfte lieferten. Zur Entscheidung dieser Frage verrieb ich den mit diesen Drüsen ausgestatteten Vorderdarmtheil von acht lebenden Blutegeln mit Glycerin und prüfte nach sechstägiger Einwirkung den Glycerinauszug auf Enzyme. Es erwies sich das Extract in einer Lösung von 2 pCt. Essigsäure, 1—2 pCt. Milchsäure und 0.1 pCt. Salzsäure, sowie in 2procentiger Sodalösung nach Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin, und auch der wässrige Auszug dieses Darmabschnittes von sechs Blutegeln besass keine eiweissverdauende Wirkung. Der Verdauungsmodus bei diesem sonst so hoch organisirten Wurme erinnert demnach mehr an die rein endosmotischen Vorgänge bei den Cestoden und andern parasitischen Formen (Trematoden, Acanthocephalen etc.) als an die mit Hilfe kräftiger Enzyme sich vollziehende Verdauung der Aphroditen. Beide Würmer sind zwar oft aus rein morphologischen Gründen in dieser Hinsicht verglichen und zusammengestellt.

Das grüne Secret der oberhalb des Vorderdarmes gelegenen Drüse bei *Siphonostoma diplochaïtos* enthält dieselben Enzyme (Isotrypsin und Diastase) wie der Verdauungssaft von *Aphrodite aculeata* und *Hermione hystrix*. Die Einmündungsstelle in den Darm ist mir unbekannt geblieben; auch bin ich im Ungewissen darüber, ob das Secret mit seiner ursprünglichen grünen Farbe in die Verdauungssampulle gelangt, wenn schon die Ansicht allgemein verbreitet ist, dass der Drüsen gang neben den Ausgangsöffnungen der (sog. Speicheldrüsen in

<sup>1)</sup> Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.



den Oesophagus mündet. Die Befunde, welche mich in diesem Punkte ungewiss machen, sind folgende: Das Secret der Drüse war bei allen von mir untersuchten (über hundert) Exemplaren intensiv grün gefärbt, während der Vorderdarm eine intensiv orange und der flüssige Inhalt desselben constant eine rosa Färbung zeigte. Weder gemischt mit dem Secrete der sog. Speicheldrüsen, noch auf Zusatz von Säuren oder Alkalien schlägt die Farbe des Secrets der grünen Drüse in eine röthliche um, wie sie der flüssige Vorderdarminhalt besitzt. Bei Zusatz von 0.2procentiger HCl und einstündiger Digestion bei 40° C. setzt sich hingegen aus dem flüssigen Vorderdarminhalte ein intensiv roth gefärbter Niederschlag ab, welcher sich in der alkoholischen Lösung spectroskopisch wie der Farbstoff des Vorderdarmes verhält. Indem ich die Frage offen lasse, wie diese seltsame Farbenveränderung des Secretes zu erklären ist, in welchen Abschnitt des Verdauungsrohres sich das Secret der grünen Drüse ergiesst, möchte ich nur noch bemerken, dass im Mitteldarme die Farbe des Secretes eine grüne ist und dass der röthliche Verdauungssaft im Vorderdarme dieselben Enzyme enthält wie das Secret der grünen Drüse<sup>1)</sup>. In beiden enzymatischen Flüssigkeiten wird das tryptische Enzym durch längere Digestion mit 0.2 pCt. HCl vollständig zerstört. Das farblose Secret der sog. Speicheldrüsen<sup>2)</sup> finde ich frei von Diastase und von allen in alkalischen (2 pCt. Soda) oder sauren (0.2 pCt. HCl; 0.5, 1.0 und 4.0 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen rohes Fibrin verdauenden Enzymen.

In der Familie der Lumbriciden deutet das Vorkommen

<sup>1)</sup> Cf. Rathke, Schriften der naturf. Gesellsch. zu Danzig, Bd. III. Heft 2. 1847. S. 87. Tab. V. Fig. 5 etc.

<sup>2)</sup> Keines der Secrete bei Siphonostoma zeigte eine saure Reaction, sondern alle sind neutral oder schwach alkalisch. Der wässrige Auszug der alkalischen Contenta des Endtheils vom Darne wirkt, wenn schon schwach, fibrinverdauend.



der Chloragogenzellen am Darm und Rückengefäss auf eine echte Blutverdauung hin. Die von mir anfangs gehegte Vermuthung: in dem Blute der Lumbriciden Enzyme aufzufinden, hat sich aber nicht bewahrheitet. Aus den Blutcavernen in den vorderen Segmenten lässt sich besonders bei den grossen südeuropäischen Lumbricusarten leicht eine grössere Menge Blut gewinnen. Ich fand das Blut in diesen Räumen, sowie das aus dem Rückengefässe durch Einstich gewonnene stets ohne diastatische Einwirkung auf gekochte Stärke bei 40° C. und ohne fibrinverdauende Eigenschaften bei saurer (0.1- und 0.2procentiger HCl, 0.5—4.0procentiger Milchsäure, Essigsäure oder Weinsäure), oder alkalischer (2procentiger Sodalösung) Reaction; auch verdaute es mit wenig Wasser verdünnt kein Fibrin. Versuche<sup>1)</sup>, ausgeführt mit dem Blute von *Helix pomatia*, *Macra stultorum*, *Arca Noae* und *Astacus fluviatilis* lieferten ebenfalls negative Resultate. Bei den Würmern, den Mollusken und Arthropoden scheint demnach die Enzyymbildung auf die Drüsen des Darmes beschränkt zu sein<sup>2)</sup>, und nur die Darmverdauung erfährt in diesen bezüglich der Verdauungsvorgänge viel Uebereinstimmendes bietenden Typen im Phlebenterismus eine eigenthümliche Modification.

Wenn man in den höhern Evertebratenclassen bei den parasitischen Formen den Verdauungsapparat zurückgebildet findet,

<sup>1)</sup> Das Blut dieser Thiere wurde in reichlicher Menge erhalten: bei *Helix pomatia* durch Anschneiden des Fusses, bei den *Acephalen* durch Anschneiden des Schliessmuskels und beim Krebse durch Abtrennung des letzten Schwanzsegmentes. Man gewinnt mittelst dieser Methoden kein ganz reines Blut (cf. *Voit. Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel. Z. f. w. Z. Bd. X. 1860 S. 470—498*), doch sind die Verunreinigungen desselben für diese Versuche ohne Bedeutung.

<sup>2)</sup> Meine Untersuchungen beschränken sich nicht nur auf das Blut, sondern es wurden auch bei den Mollusken viele der Excretion und der Geschlechtsfunction dienende Drüsen mit negativem Resultat auf Enzyme geprüft. Auf diese Versuche werde ich an anderer Stelle ausführlicher eingehen. Aus der sog. „grünen Drüse“ von *Astacus fluviatilis* konnte ich zwar oft durch Glycerinextraction peptisch wirksame Lösungen erhalten.



und wenn man hier die Producte vermisst, mit deren Hilfe es dem Organismus leicht gelingt, das aufgenommene Nährmaterial zu bewältigen, dann sind die Gründe leicht zu errathen, welche diese Thatsachen verständlich machen. Werden aber bei Thieren, welche man für unmittelbare Vorläufer der Vertebraten oder selbst für rückgebildete Wirbelthiere ansieht, Verhältnisse angetroffen, welche viel unvollkommener als beispielsweise die bei den Astero-riden sind, so fehlt uns, ohne das Aufgeben der systematischen Stellung dieser Thiere, jede Erklärung. In einer solchen Lage befinden wir uns bei den Ascidien.

Nach *Huxley*<sup>1)</sup> wird bei *Phallusia*, *Cynthia* und andern Tunicaten die Leber durch „ein System von feinen Röhren dargestellt, welche sich am Darne erzeugen und schliesslich zu einem Gange sammeln, der in den Magen mündet“. Bei einigen *Cynthien* soll sich nach demselben Forscher „eine folliculäre Leber von gewöhnlichem Charakter finden, die mit mehreren Ausführungsgängen in den Magen mündet“. Es ist mir nicht möglich gewesen, durch Extraction mit Glycerin, Wasser, Säuren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) und Alkalien (2 pCt. Soda) die Uebereinstimmung dieser Apparate mit den enzyymbildenden Lebern der Evertebraten festzustellen. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, gelang mir die Verdauung rohen Fibrins mittelst der Extracte des Verdauungsapparates von *Cynthia microcosmus* und *Phallusia mentula* bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten nicht. Jedenfalls wird die Production eiweissverdauender Enzyme, wenn überhaupt vorhanden, bei diesen Ascidien eine sehr geringe sein; denn der gesammte Digestionstractus einer grossen Anzahl von *Cynthien* und *Phallusien* mit Glycerin verrieben, lieferte nur unwirksame Auszüge. Das Darmrohr von *Ciona canina* enthält Diastase, welche im Darm-

<sup>1)</sup> *Th. Huxley*, Grundzüge der Anatomie der wirbellosen Thiere. Deutsch von *J. W. Spengel*. Leipzig, 1878. S. 534.



canale bei *Phallusia mentula* aber nur in Spuren von mir nachgewiesen werden konnte. Aus den dem Darne angehefteten gelben (*Cynthia microcosmus*) oder bräunlichen (*Phallusia mentula*) Drüsen, deren Bedeutung als Harnorgane — durch den von *Kupffer* (Zur Entwicklung der einfachen Ascidien. Arch. f. mikr. Anat. Band VIII, S. 379) und *Lacaze-Duthiers* (Les Ascidies simples des côtes de la France. Archives de Zoologie expérimentale 1874) gelieferten Nachweis des Harnsäurevorkommens — erkannt ist, erhielt ich weder durch Extraction mit Wasser noch mit Glycerin auf gekochte Stärke diastatisch, auf rohes Fibrin peptisch (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure, 1 pCt. Milchsäure) oder tryptisch (2 pCt. Soda) wirkende Lösungen.

Bei *Ciona canina* gelang mir in einem Falle der Nachweis eines tryptischen Enzymes in dem Darne (und seinen Contenten), dessen Vorkommen von der Krebsnahrung abzuleiten sein wird, zumal, wie ich in einer andern Arbeit zeigen werde, tryptische Enzyme bei Mollusken und den tiefer stehenden Evertebratenformen nicht häufig sind und, ohne mit peptischen im Vorkommen vergesellschaftet zu sein, kaum aufzutreten pflegen.

Der Verdauungsmodus wird vermuthlich bei vielen Ascidien derselbe wie bei einer grossen Anzahl von Cölenteraten sein. Die Eiweissverdauung wird bei den von mir untersuchten Arten vorzugsweise mittelst der Enzyme erfolgen, welche die Beute mit sich führt, und so werden wir uns vor einem Factum befinden, welches als eine Degradationserscheinung nicht verständlich zu machen ist.

---

So entwickelt sich erst ganz allmählich die Darmverdauung, eine der wichtigsten Functionen für die Existenz der höhern Thiere. Bei den niedern Formen ist das Körpergewebe gleichmässiger mit Enzymen imprägnirt, erst bei den höhern Typen wird die Enzymproduction in ausgiebigerem Grade dem Verdauungsgeschäfte nutz-



bar gemacht. Ein und dasselbe Organ bildet bei den höher organisirten Evertebraten alle für den Verdauungsact erforderlichen Enzyme, und soviel wir wissen, besorgen nur in einigen Classen der Arthropoden anatomisch verschiedene Drüsenorgane die Enzymproduction im Interesse der Darmverdauung.

**Wirkung der Evertebratenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.**

(Wurde in der Lösung gleichfalls gekochtes Fibrin verdaut, so ist dieses durch den vom Kreuze oben rechts stehenden Stern angedeutet. Fehlt der Stern, so gelang mir die Verdauung des gekochten Fibrins in unzweifelhafter Weise nicht).

	2% Soda	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2% HCl.	Essigsäure			Milchsäure			Weinsäure			Oxalsäure			Diastase
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	
<i>Aethalium septicum</i>	0	0	+ <sup>v</sup>	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+	+*	+*	+*	+*	0	0
<i>Suberites domuncula</i>	0	0	+	+	+	+	+	+	schw.	+	+	+	+	.	0	0
<i>Chondrosia reniformis</i>	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schwach	0	0	+
<i>Hircinia variabilis</i>	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
<i>Anthea viridis</i> (Glycerinextract der Septen des cölenterischen Raumes)	0	0	+	.	0	.	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0
<i>Anthea viridis</i> (Glycerinextract der Tentakeln)	0	0	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
<i>Anthea viridis</i> (Glycerinextract der Geschlechtsdrüsen)	+	+	0	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
<i>Alcyonium palmatum</i>	0	0	0	.	0	0	0	0	0	.	0	.	0	.	.	0
<i>Ciona canina</i> (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus)	+	+	0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Phallusia mentula</i> (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	.	0	.	0	+
<i>Cynthia microcosmus</i> (Glycerinextract d. gesammten Verdauungstractus)	0	0	0	.	0	.	.	0	0	.	0	0	.	0	.	+
<i>Holothuria tubulosa</i> (Darmglycerinextract)	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	0	.	0	.	.	0
<i>Holothuria tubulosa</i> (Glycerinextract des Gefäßgeflechtes)	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schwach	.	0	0



	2% Soda.	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2% HCl.	Essigsäure			Milchsäure			Weinsäure			Oxalsäure			Diastase
				0.5%	1—2%	4%	0.5%	1%	4%	0.5%	1%	4%	0.5%	1%	4%	
<i>Lucumaria Planci</i> (Leberglycerinauszug)	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	+	+	0	.	+
<i>Toxopneustes lividus</i> (Darmglycerinextract)	+	+	+	schwach	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	0	+
<i>Toxopneustes brevipinosus</i> (Darmglycerinextr.)	+	.	+	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Astropecten aurantiacus</i> (Leberglycerinextract)	+*	+*	+	schwach	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schw.	0	+
<i>Astropecten aurantiacus</i> (Glycerinauszug der Tiedemann'schen Körperchen)	0	0	+	.	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+
<i>Astropecten aurantiacus</i> (Darmglycerinextract)	0	0	+	schwach	+	.	+	+	+	+	+	+	.	.	0	0
<i>Asteracanthion glacialis</i> (Leberglycerinextr.)	+*	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schw.	0	+
<i>Leolidier</i> (Glycerinextract der Papillen)	0	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	0
<i>Phoronostoma diplochaitos</i> (Verdauungssaft)	+*	+*	0	schwach	.	0	+	+	0	+	.	0	.	.	.	+
<i>Pernionia hystrix</i> (Verdauungssaft)	+*	+*	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Phrodite aculeata</i> (Verdauungssaft)	+*	+*	0	.	sehr gering	.	+	.	.	.	.	.	schwach	.	.	+

Die in dieser Arbeit niedergelegten Untersuchungen lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1) Selbst bei sehr wenig organisirten Wesen (Myxomyceten und Poriferen) finden sich verdauende Enzyme, eine functionelle Bedeutung derselben ist aber nicht nachgewiesen.

2) Das peptische Enzym ist bei den niedern Thieren viel verbreiteter im Vorkommen als das tryptische, und nur bei den Würmern und Arthropoden scheint nach den vorliegenden Untersuchungen das letztere constanter als das erstere zu sein.

3) Der Annahme von **enzymatischen Verdauungssecreten** bei den Cölenteraten fehlt jeder experimentelle Anhalt. Meine Ergebnisse deuten auf die Abwesenheit einer irgendwie bedeutenden enzymatischen Secretproduction hin.



4) Die Verdauungsvorgänge der von mir untersuchten Ascidien sind unvollkommener als die mancher Echinodermen und nähern sich mehr den Verhältnissen bei den Acalephen.

5) Die Enzyymbildung ist bei vielen Echinodermen nicht vollständig localisirt. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei ihnen die resorbirten Stoffe noch extraintestinal enzymatisch verändert werden.

6) Die *Tiedemann*'schen Körperchen von *Astropecten aurantiacus* sind enzym- (Pepsin und Diastase) bildende Organe und können den pepsinbildenden Drüsen im Wasser- und Blutgefäßgeflecht der *Holothuria tubulosa* analogisirt werden.

7) Die Asteridenlebern sind vollkommen analog den Lebern der Arthropoden und Mollusken. Keine Analogie besteht zwischen diesen Organen und den Wasserlungen oder den *Cuvier*-schen Organen der Holothurien. Den Asteridenlebern analoge Gebilde sind von mir bei *Cucumaria Planci* nachgewiesen, und functionell gleichwerthige Drüsen finden sich auch im Darne von *Toxopneustes lividus* und *brevispinosus*.

8) Bei Würmern, Arthropoden und Mollusken ist, soweit meine Untersuchungen reichen, die Production eiweissverdauender Enzyme vollständiger als bei den Cölenteraten und Echinodermen localisirt und der Darmverdauung dienstbar gemacht.

9) Das tryptische Enzym der Würmer (*Aphrodite*, *Hermione*, *Siphonostoma*, *Arenicola*, *Lumbriciden*), von mir Isotrypsin genannt, unterscheidet sich von dem Trypsin der Vertebraten, Arthropoden und Mollusken und ist vielleicht mit dem der Asteriden identisch.

10) Die Leberblasen der Aphroditen, die Verzweigungen der cölenterischen Räume der Cölenteraten und die Canales hepato-intestinales der Aeolidier dürfen zur Zeit nicht für functionell gleichwerthig gelten.