

Zur Magenverdauung der Fische.

Von

M. van Herwerden.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Utrecht.)
(Der Redaktion zugegangen am 7. Juli 1908.)

I. Die Säureabscheidung.

Die ursprüngliche Auffassung Heidenhains,¹⁾ nach welcher die delomorphen Zellen der Magendrüsen die Salzsäure, die adelomorphen das Pepsin liefern sollten, ist von verschiedenen späteren Untersuchern bestätigt worden. In sehr überzeugender Weise hat Kranenburg²⁾ nachgewiesen, daß nicht nur bei Säugetieren, sondern ebenfalls bei Amphibien, Reptilien und Vögeln ein sehr charakteristischer Unterschied zwischen Salzsäure abscheidenden acidophilen, körnerreichen Belegzellen und basophilen Pepsinzellen besteht, von welchen letzteren die Körner bei bestimmter Fixier- und Farbmethode ungefärbt bleiben.

Während der Untersuchungen über den histologischen Bau der Magenschleimhaut der Fische hat man bei Selachiern niemals einen Unterschied zwischen Beleg- und Hauptzellen nachweisen können. Was die Teleostier betrifft, findet man in der älteren Literatur eine einzelne Mitteilung über zweierlei Art von Drüsenzellen in der Magenschleimhaut vom Hechte (Nussbaum,³⁾ später Decker⁴⁾), möglicherweise vergleichbar mit adelomorphen und delomorphen Zellen. Einen ähnlichen Befund beschreibt Cajetan⁵⁾ bei *Cobitis barbatula*. Spätere

¹⁾ Arch. f. mikr. Anat., Bd. VI, S. 371.

²⁾ Arch. de Teyler, Sér. II, T. VII, 4^{me} partie.

³⁾ Zool. Anzeiger, Bd. XLI, 1882, S. 328.

⁴⁾ Festschrift f. Kölliker, 1887, S. 389.

⁵⁾ Inaug.-Diss., Bonn 1883.

Untersucher vermischen sowohl bei Teleostiern als bei Sela-
chiern den obengenannten Unterschied.

Weil erst ein übereinstimmender Sekretionsprozeß bei
Fischen und höheren Vertebraten konstatiert werden muß, damit
wir recht haben, sezernierende Zellen von übereinstimmender
Gestalt zu erwarten, war es angezeigt, zu untersuchen, ob
die saure Reaktion des Magensaftes bei Fischen tatsächlich der
Salzsäure zuzuschreiben sei.

Während nämlich die Abscheidung eines peptischen En-
zyms im Fischmagen eine bekannte Tatsache ist, hat man die
Natur der Säure nie mit genauen Methoden bestimmt. Es ist
sogar nach einer von Weinland¹⁾ im Jahre 1901 angestellten
Untersuchung zweifelhaft geworden, ob die anwesende Säure
tatsächlich Salzsäure sei, wie von früheren Autoren allgemein
angenommen wurde, ohne daß von einem dieser letzteren für
diese Auffassung der überzeugende Beweis gegeben war.

Bei Säugetieren war Prout²⁾ der erste, der im Jahre
1824 die Gegenwart von Salzsäure im Magensaft nachzuweisen
meinte. Seine Methode wurde später mit geringer Modifikation
von Hayem und Winter³⁾ zu einer quantitativen Methode für
Salzsäurebestimmungen im Magensaft umgearbeitet.

Hayem und Winter bestimmten: den totalen Chlorgehalt,
das an anorganische Substanzen gebundene Chlor, die freie
Salzsäure und die mit organischen Substanzen kombinierte Salz-
säure. Drei gleichgroße Mengen Magensaftes a, b und c werden
in verschiedener Weise behandelt: a wird gleich mit Soda ver-
setzt, b nach vorherigem Eindampfen und Trocknen bei einer
Temperatur von 100°; in beiden Portionen wird nach Ver-
brennung der Chlorgehalt bestimmt. Dasselbe geschieht mit c
ohne Zusatz von Soda. $a =$ totaler Chlorgehalt in Salzsäure
ausgedrückt; $a - b$ soll die freie Salzsäure vorstellen, c das
an anorganische Basen gebundene Chlor, $b - c$ die mit orga-
nischen Substanzen kombinierte Salzsäure.

¹⁾ Zeitschr. f. Biol., Bd. XLI, 1901, S. 275.

²⁾ Philosoph. Transactions 1824, Bd. I, S. 45.

³⁾ Du Chimisme stomacal, Paris 1891.

Die Methode von Martius-Lüttke,¹⁾ welche u. a. von Sahli²⁾ für klinische Zwecke empfohlen wird, ist mit derjenigen von Hayem-Winter sehr verwandt. Wie Sjöqvist³⁾ nachgewiesen hat, sind diese beiden Methoden fehlerhaft, weil die sub b genannte Bestimmung zu niedrige Werte gibt, da während des Eindampfens bei saurer Reaktion (z. B. schon infolge der Zersetzung von NaCl durch saure Phosphate) HCl gebildet werden kann, welche entweicht, wodurch sowohl der Wert der freien Salzsäure (a—b) als die mit organischen Substanzen gebundene Salzsäure (b—c) vollkommen unvertraubar wird.

Auf einem ganz anderen Prinzip ist die schon längst vorher publizierte Methode von Bidder und Schmidt⁴⁾ basiert. Es gelang ihnen, nachzuweisen, daß im Magensaft von Hund und Schaf mehr Chlor anwesend war, als zur Bindung aller anorganischen Basen und Ammoniak gebraucht wurde. Als Salzsäure berechnet, stimmte dies vollkommen mit der gefundenen Acidität überein. Diese letztere Methode hat Richet⁵⁾ benutzt bei seiner Untersuchung über den Magensaft der Fische. Das Verhältnis zwischen dem an Basen gebundenen Chlor und dem Totalchlorgehalt war wie 1,95 : 3,93. Richet schließt aus diesem Versuch auf die Gegenwart von freier oder an organische Substanzen gebundener Salzsäure.

Es scheint Richet der einzige Forscher zu sein, welcher vor der Weinlandschen Publikation im Jahre 1901 die Natur der abgeschiedenen Säure bei Fischen untersucht hat; spätere Autoren beschränken sich ausschließlich auf Angabe der Acidität als Salzsäure berechnet, keinen Zweifel mehr hegend an einem übereinstimmenden Sekretionsprozeß bei Fischen und höheren Vertebraten.

Erst Weinland⁶⁾ hat gezweifelt, ob die Autorität Richets noch gelten dürfte, nachdem er mit derselben Methodik wie

1) Die Magensäure des Menschen, Stuttgart 1892.

2) Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden 1902, S. 398.

3) Skand. Arch. f. Physiol., Bd. V, 1895, S. 328.

4) Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, Mitau u. Leipzig 1852.

5) Journal de l'anat. et de la physiol., Bd. XIV, 1878, S. 170.

6) Zeitschr. f. Biol., Bd. XLI, 1901, S. 35 und 275.

sein Vorgänger bei Selachiern zu absolut entgegengesetzten Resultaten gelangte.

Mit gutem Recht kritisiert Weinland¹⁾ die ungenügende Methodik Richets, welcher keinen reinen Magensaft, sondern ein Autodigerat der Mucosa untersuchte, alle Basen als Na und K berechnete und Mineralsäuren wie P_2O_5 und SO_3 ganz außer Betrachtung ließ. Richet hat seine Meinung, daß zuviel Chlor zur Verfügung stand, nur auf zwei Analysen desselben Schleimhautextraktes basiert; d. h. außer dem Gemisch als solchem (a) wurden nach vorheriger Dialyse sowohl das Dialysat (b) als die Flüssigkeit innerhalb des Dialysators (c) untersucht. Während in a der berechnete Überschuß an freiem Cl 1,98 pro mille betrug, war dies in b + c nur 1,14 pro mille. Sind diese Zahlen richtig, so muß während des Dialysierens die gesamte Menge der Basen im Außen- und Innenwasser bedeutend gestiegen sein.

Die Untersuchung Richets ist, weder in technischer Hinsicht, noch was die Ausdehnung des Materials betrifft, mit dem Weinlandschen vergleichbar. Dieser letztere Untersucher hat ebenfalls nach der Methode Bidder und Schmidt gearbeitet, teilweise mit reinem Magensaft, den er hungernden Scyllien mit der Sonde entnahm, teilweise mit gemischtem Magensaft von frisch gefangenen Selachiern. Außer der Acidität und dem totalen Chlorgehalt wurden SO_3 , P_2O_5 und die Basen Na, Ca, Mg und NH_3 bestimmt nach bekannten chemischen Methoden (K fehlte dem Magensaft). Berechnet man für den reinen Magensaft den sogenannten Natriumwert sämtlicher Basen und zieht hiervon die Menge Na ab, welche die Schwefelsäure als neutrales Salz binden würde, so bekommt man bei diesem Saft einen Überschuß an freiem Chlor von 0,03 g pro 100 ccm, eine Quantität, welche innerhalb der Fehlergrenzen liegt. Außerdem macht Weinland die Bemerkung, daß es nicht angängig ist, in wässriger Lösung Schwefelsäure als neutrales Salz neben freier Salzsäure anzunehmen, vielmehr muß an saure Sulfate neben Chloriden gedacht werden. Die Menge des für das Chlor disponibeln Na würde nach dieser letzteren Auffassung noch etwas größer sein.

¹⁾ Zeitschr. f. Biol., Bd. XLI, 1901, S. 35.

Auch während der Digestion fand Weinland keine Anhaltspunkte, um im Magensaft an das Auftreten von freier Salzsäure zu denken. In zwei Fällen (Torpedo und Raja) war sogar der Totalchlorgehalt etwas weniger als das dem Natrium entsprechende Chlor; in einem dritten Falle war ein Überschuß an Chlor von 0,14% zu konstatieren, aber auch hier gilt nach Weinland die obengenannte Bemerkung über das Verhältnis zwischen Sulfaten und Chloriden; außerdem ist ebenfalls an das Auftreten von sauren Phosphaten zu denken, welche im Hungermagensaft fehlten; Gründe, weshalb noch mehr Basen dem Chlor zur Verfügung stehen werden.

Eine neue Methode zur Bestimmung der Salzsäure im Magensaft wurde im Jahre 1889 von Sjöqvist¹⁾ publiziert, welche sechs Jahre später verbessert und sorgfältig umgearbeitet wurde, und seitdem ohne Zweifel als die meist einwandfreie Methode betrachtet wurde.

Diese Methode, nach einer Idee von Mörner ausgearbeitet, beabsichtigt die Bindung des Chlors von freier und organisch gebundener Salzsäure an Baryum. Das Baryumchlorid wird nachfolglich mit Ammoniumchromat zersetzt und das gebildete Baryumchromat jodometrisch bestimmt.

Nach der Weinlandschen Untersuchung war es nicht ohne Interesse, mit der Methode Sjöqvist zu entscheiden, ob von Selachiern Salzsäure sezerniert wird oder nicht, und bei positivem Resultat zu gleicher Zeit die Konzentration der Säure kennen zu lernen. Falls nur Salzsäure abgeschieden wurde, war zu erwarten, daß der Salzsäuregehalt, nach Sjöqvist berechnet, in vollkommener Übereinstimmung mit der auf titrimetrischem Weg berechneten Acidität sein würde.

Die Bestimmung nach Sjöqvist²⁾ findet auf die nachfolgende Weise statt: 10 ccm Magensaft werden in einer Platinschale mit etwa 0,5 g chlorfreiem Baryumcarbonat versetzt, auf Wasserbad zur Trockene eingedampft, verbrannt, die Asche mit kochendem Wasser extrahiert und filtriert. Das Filtrat

¹⁾ Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XIII, 1889, S. 1.

²⁾ Skand. Arch. f. Physiol., Bd. V, 1895, S. 277.

wird mit Ammoniumacetat und Essigsäure versetzt und das Baryumsalz schließlich als Chromatverbindung präzipitiert.

Später wird die Fällung in Salzsäure gelöst und die Flüssigkeit nach Zusatz von Jodkalium und Stärkelösung mit einer Lösung von Natriumhyposulfit titriert. Für Einzelheiten verweise ich auf die ursprüngliche Mitteilung.

Sjöqvist vermochte experimentell nachzuweisen, daß bei vorsichtigem Glühen NaCl nicht von BaCO₃ zersetzt wird, der Kochsalzgehalt des Magensaftes also keinen Fehler bei der Bestimmung macht, welche uns ausschließlich die freie und die an organische Substanz gebundene Salzsäure kennen lernt. Auch mit MgCl₂ und CaCl₂ hat Sjöqvist einzelne Kontrollversuche gemacht; es stellte sich heraus, daß bei Anwesenheit dieser Salze die berechnete Salzsäure etwas zu hoch ausfällt; der mittlere Fehler beträgt aber nicht mehr als 0,5%. Auf diese letzteren Versuche komme ich später zurück.

Meine Versuche über die Säureabscheidung in der Magenschleimhaut von Selachiern wurden größtenteils an der zoologischen Station in Neapel angestellt¹⁾ und im physiologischen Laboratorium der hiesigen Universität fortgesetzt.

Einzelne an der zoologischen Station in Helder untersuchte Fische werden in den begleitenden Tabellen speziell erwähnt.

Während verschiedener Wochen habe ich täglich bei großen Exemplaren von *Scyllium stellare* (catulus) mittels eines Glashebers, der dem aus dem Wasser gehobenen Tiere durch das Maul eingeführt wurde, Magensaft entnommen. *Scyllium*, der in Gefangenschaft keine Nahrung zu sich nimmt, vermag monatelang zu hungern, ohne äußerlich sonstige pathologische Erscheinungen als Abmagerung zu zeigen. Erst nachdem der Magen durch wiederholte Spülungen vollkommen von Nahrungsresten befreit war — was öfters tagelang dauerte — wurde mit dem Sammeln von reinem Magensaft angefangen.

¹⁾ Ich benutze diese Gelegenheit, Herrn Geheimrat A. Dohrn und den Herren Doktoren P. Mayer, R. Burian, M. Henze und S. Lo Bianco meinen Dank für ihre freundlichen Bemühungen bei meiner Arbeit während meines Aufenthalts an der zoologischen Station in Neapel auszusprechen.

Bei sorgfältiger Einführung der Sonde bleibt die Magenschleimhaut intakt; dies stellte sich heraus bei Tieren, welche sechs Wochen nach dieser täglichen Manipulation getötet wurden.

Auch der hungernde Fisch sezerniert täglich ein kleines Quantum klaren schleimhaltigen Magensaftes, welcher peptisch wirkt, stark sauer reagiert mit Lackmus, rotes Kongopapier dunkelblau färbt und meistens eine deutlich rote Färbung mit Phloroglucin-Vanillin zeigt. Die Acidität dieses Hungersaftes beträgt als Salzsäure berechnet 0,08—0,1^o/_o (mit $n/_{10}$ -NaOH titriert; Methylorange als Indikator).

Während der Digestion ist bei Scyllium die Acidität 0,4—0,5^o/_o.

Die positive Reaktion mit Phloroglucin-Vanillin ließ schon die Gegenwart von freier Salzsäure vermuten. Aus einer Untersuchung von Schuyten¹⁾ hat sich aber ergeben, daß auch einzelne organische Säuren diese Reaktion zeigen können, nämlich schon $n/_{1000}$ -Oxalsäure und $n/_{100}$ -Zitronensäure, während Ameisensäure und andere Fettsäuren diese Eigenschaft nicht haben.

Tatsächlich wurde mit der Sjöqvistschen Methode nach Behandlung des Magensaftes mit Baryumcarbonat in der oben angedeuteten Weise ein lösliches Baryumsalz gebildet.

Als Salzsäure berechnet fand ich z. B. im Hungermagensaft von Scyllium A (Tabelle I) 34 mg pro 10 ccm; dagegen betrug die Acidität durch Titrieren mit $n/_{10}$ -NaOH als Salzsäure berechnet nur 15 mg. Dieser Unterschied, welcher mit geringer Modifikation in allen Bestimmungen, die im Magensaft verschiedener Scyllien unternommen wurden, wiederkehrte, sowohl bei Hungertieren als bei Tieren nach Nahrungsaufnahme, ist jedenfalls nicht einer unrichtigen Ausführung der Bestimmungen zuzuschreiben; denn in Kontrollversuchen mit kochsalzhaltigem Wasser und Salzsäure wurde kein merkbarer Unterschied zwischen Salzsäuregehalt nach Sjöqvist und Acidität gefunden (Tabelle II).

Sehr bald ergab sich, daß in zuvor neutralisiertem Magensaft ebenfalls ein lösliches Baryumsalz gebildet wurde, nicht

¹⁾ Bulletin de l'acad. belg., 1899, S. 776.

Tabelle I.

	Reaktion mit Kongo-rot	Reaktion mit Phloroglucin-Vanillin	Acidität in $\frac{n}{10}$ -Säure pro 10 ccm	Acidität in mg HCl berechnet pro 10 ccm	mg HCl nach Sjöqvist berechnet in 10 ccm	Bemerkungen
Scyllium stellare A	+	+	4,2	15	34	Hungert seit verschiedenen Tagen.
> > A			—	—	12	Magensaft nach totaler Neutralisation.
> > A	+	+	5	18	35	Hungert seit verschiedenen Tagen.
> > C	+	+	1,9	7	24	
> > A+C			1,9	7	18	Dieser Magensaft ist neben der Sonde erbrochen, war also in Kontakt mit Schleim aus dem Oesophagus und der Mundhöhle.
> > A+C			—	—	12	Idem nach totaler Neutralisation.
> > B	+	+	12	44	51	Während der Fibrinverdauung.
> > B			—	—	5	Idem nach totaler Neutralisation.
Squatina vulgaris	+		11	40	53	Während der Verdauung.
Acanthias vulgaris ¹⁾	+	+	4	14	31	
Scyllium stellare A	+		4,8	17	33	Seewasser nach einer Zeitdauer von 24 Stunden beim Hungertier ausgehebert.
> > A			3,8	14	30	
> > A			2,2	8	20	Seewasser nach einer Zeitdauer von 2 Stunden beim Hungertier ausgehebert.
> > B+D	+	+	—	15	24	Amylum in Seewasser nach einer Zeitdauer von 2 Stunden ausgehebert.
> > B+D			—	—	12	Idem nach totaler Neutralisation.
Mustelus laevis			—	—	0	Wässriger Extrakt der Magenschleimhaut.
Torpedo ocellata			—	—	0	Die totale Magenschleimhaut nach vorheriger Veraschung.

1) An der zoologischen Station in Helder untersucht.

Tabelle II.

	Acidität in $\frac{n}{10}$ -Säure pro 10 ccm	Acidität in mg HCl pro 10 ccm	mg HCl nach Sjöqvist in 10 ccm	Bemerkungen
2% NaCl in aq. dest. + HCl . . .	13,7	50	51	
Dasselbe	8,5	31	31,5	
Seewasser + HCl (Küste der Insel Texel)	7,9	29	40	
Dasselbe	16	58	69	
Dasselbe	12,9	47	58	
Seewasser (Golf von Neapel) . . .	—	—	16	
Seewasser (Küste der Insel Texel) .	—	—	12	
2% NaCl in aq. dest.	—	—	—	
2% MgCl ₂ in aq. dest.	—	—	+	
2% MgCl ₂ + HCl	16,3	59	98	
2 ccm 10% MgCl ₂ + 10 ccm $\frac{n}{20}$ -HCl	—	18,3	70	
2 ccm 10% CaCl ₂ + 10 ccm $\frac{n}{20}$ -HCl	—	18,3	56	
10 ccm HCl + 2 ccm 5% MgCl ₂ + 2 ccm 5% CaCl ₂	14,4	39,4	43	Methode Sjöqvist ohne Eindampfen und Veraschen.
Dasselbe	—	39,4	105	Idem mit Eindampfen und Veraschen.
10 ccm $\frac{n}{20}$ -HCl + Zucker + 1 ccm 5% NaCl	—	18,3	18,0	
10 ccm $\frac{n}{20}$ -HCl + Zucker + 1 ccm 5% CaCl ₂	—	18,3	29,7	
Dasselbe	—	—	9,8	Nach vorhergehender Neutralisation.
Dasselbe	—	—	0	Neutralisiert; nachher 3 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH zugesetzt.
Seewasser + HCl (Texel)	—	—	12	Nach vorhergehender Neutralisation.
Dasselbe	—	—	0	Nach der Neutralisation noch 3 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH zugesetzt.
Seewasser + Essigsäure (Texel) ± $\frac{n}{10}$ -Lösung	—	—	16	
Dasselbe	—	—	0	Nach vorhergehender Neutralisation.
10 ccm 1% Essigsäure + 1 ccm 10% MgCl ₂	—	—	0	Nach vorhergehender Neutralisation.
10 ccm 0,1% Essigsäure + 1 ccm 10% MgCl ₂	—	—	unmeßbare Quantität	Nach vorhergehender Neutralisation.
Seewasser + Ameisensäure . . .	—	—	0	Nach vorhergehender Neutralisation.

aber wie im obengenannten Beispiel eine Quantität von 34 mg pro 10 ccm, sondern nur 12 mg. Der Unterschied ist zu verstehen, wenn man annimmt, daß eine Säure, welche mit BaCO_3 ein lösliches Baryumsalz zu bilden vermag, vorher neutralisiert war.

Im Zusammenhang mit der positiven Reaktion mit Phloroglucin-Vanillin wird dies schwerlich eine andere Säure als Salzsäure sein. Eventuell anwesende organische Säuren kommen des vorhergehenden Verbrennungsprozesses wegen nicht mehr in Betracht.

Woher aber die Bildung einer geringen Menge Baryumchlorid im neutralisierten Magensaft, ein Befund, den man nach den Kontrollversuchen von Sjöqvist nicht erwarten würde?

Ich hatte zufällig die Gelegenheit, zu konstatieren, daß, während beim Versuch mit kochsalzhaltigem Wasser und Salzsäure die Resultate mit der Sjöqvistschen Methode und die Aciditätsbestimmung gut übereinstimmten, dieses nicht der Fall war, wenn statt Aqua destillata Seewasser genommen wurde. Auch im letzteren Falle wurde ein Überschuß gefunden, welcher mit dem obengenannten ungefähr übereinstimmte. Überdem wurde im reinen Seewasser ohne Zusatz von Salzsäure ebenfalls ein lösliches Baryumsalz gebildet (Tabelle II).

Auch bei Versuchen mit im Wasser gelöstem Calciumchlorid oder Magnesiumchlorid zeigte sich bei vollständiger Bearbeitung nach der Methode Sjöqvist dasselbe Resultat. Es war also deutlich zu konstatieren, daß, im Gegensatz zu Natriumchlorid, die erstgenannten Chloride mit Baryumcarbonat in Wechselwirkung treten, bei welchem Prozesse Baryumchlorid gebildet wird. Aus Kontrollversuchen, von Sjöqvist S. 310 in einer Tabelle zusammengebracht, würde man sagen, daß nur ein unbedeutender Fehler durch die Gegenwart dieser Salze entstand. Die Richtigkeit seiner Resultate vermochte ich selbst zu bestätigen. Ganz anders sind aber die Ergebnisse, wenn man, statt einer einfachen Lösung von Baryumchlorid die anderen Salze zuzusetzen (wie in den erwähnten Versuchen Sjöqvists), eine Salzsäurelösung mit Chloriden an der vollständigen Bearbeitung, mit Eindampfen und

Glühen, wie es die Methode angibt, unterwirft. Nach der Erwähnung der obengenannten Versuche schreibt Sjöqvist S. 310: «Gegen den letzteren Teil der Methode — das Überführen von Chlorbaryum in Chromat und dessen Bestimmung durch Titrierung — läßt sich folglich keine berechtigte Anmerkung machen. Gilt dies aber auch für den vorigen Teil derselben — die Neutralisierung mit BaCO_3 , die Eintrocknung, die Veraschung und die Extrahierung?»

In der Beantwortung dieser Frage erwähnt Sjöqvist einen minimalen Fehler, welcher durch eine sehr geringe Löslichkeit von BaCO_3 in Wasser verursacht werden kann, einen Fehler, welcher übrigens schon durch die Tatsache kompensiert wird, daß schließlich nicht alles Chlor aus der Asche extrahiert werden kann, sodaß immer Spuren zurückbleiben. Energisch widerlegt er aber den Vorwurf von Leo,¹⁾ daß NaCl von BaCO_3 bei genauer Ausführung seiner Methode zersetzt wird; wohl ist dies in geringem Maße der Fall mit NH_4Cl , ein Salz, das aber bei unseren Versuchen nicht in Betracht kommt, weil mit Nessler's Reagens keine oder nur eine Spur von Ammoniumsalzen im reinen Magensaft der Selachier nachzuweisen war. Auch erwähnt Sjöqvist einen einzelnen Versuch, bei welchem zu der Salzsäurelösung CaCl_2 zugesetzt wurde, ohne daß dies einen bedeutenden Fehler verursachte (S. 313). Ein gleicher Versuch mit MgCl_2 wird nicht von Sjöqvist gemeldet.

In dieser Hinsicht verhalten sich meine Resultate, wie Tabelle II angibt, ganz abweichend von denjenigen, welche Sjöqvist erwähnt hat. Aus zahlreichen immer modifizierten Versuche hat sich ergeben, daß die Gegenwart von Magnesium- und Calciumchlorid ohne Zweifel ihren Einfluß gelten läßt. Beide sind es Salze, welche bei diesen Seetieren reichlich in allen Sekreten vertreten sind; die zu hohen Werte bei den Bestimmungen nach der Methode Sjöqvist schreiben wir also diesen beiden Chloriden zu.

Während im Seewasser mit Salzsäure nach vorhergehender Neutralisation mit $\frac{n}{10}$ NaOH , ebenso wie im reinen Seewasser,

¹⁾ Deutsche med. Wochenschr., 1891, Nr. 41.

noch eine meßbare Quantität BaCl_2 gebildet wird, ist dies nicht der Fall, wenn statt Salzsäure eine genügend große Menge Essigsäure oder Ameisensäure zugesetzt wird.

Vermutlich ist dies so zu deuten, daß nach der Verbrennung des Natriumacetates resp. Formiates mehr Na-Ionen den Chlor-Ionen zur Verfügung stehen. Wir konstatieren nämlich denselben Befund, wenn man bei der Neutralisation von Seewasser mit Salzsäure den Neutralisationspunkt in bedeutender Weise überschreitet (Tabelle II). Auch in dem Falle bleibt die Bildung von BaCl_2 mit der Sjöqvistschen Methode völlig aus.

Aus der obigen Darstellung hat sich also ergeben, daß die Methode Sjöqvist für quantitative Bestimmungen bei der Untersuchung des Magensaftes von Seetieren in der Zukunft nicht genügen wird und von einer andern ersetzt werden muß. Wohl hat sie uns, wie ich meine, die Gegenwart von Salzsäure im Selachiermagensaft einwandfrei bewiesen; ebenfalls vermochten wir annähernd nachzuweisen, wieviel der Salzsäuregehalt ungefähr beträgt. Unter den heute bekannten Methoden gibt es keine einzige, welche zu befriedigenden Resultaten führen könnte, ausgenommen diejenige, welche von Weinland benutzt worden ist. Nun sich ergeben hat, daß wohl sicher Salzsäure in nicht unbedeutender Quantität im Magensaft von Selachiern vorkommt, ist es ohne Zweifel von großem Interesse, nachzuforschen, wie es möglich war, daß ein sorgfältiger Untersucher wie Weinland mit einer sehr richtigen Methodik zu entgegengesetzten Resultaten kam, welche ihm Anlaß gaben zur Aufstellung des folgenden Satzes: „Die Hauptmasse der im reinen Magensaft des nüchternen Tieres vorhandenen Säure ist nicht Salzsäure, sondern eine organische Säure. Ob überhaupt im Saft des nüchternen Magens Salzsäure in sehr kleiner Menge frei vorhanden ist, ist fraglich“ (S. 282).

In Schleimhautextrakten habe ich vergebens mit der Methode Sjöqvist nach einer organischen Chlorverbindung gesucht, sowohl bei Torpedo als Scyllium (Tabelle I). Ein positives Resultat wäre hier, der möglichen Anwesenheit von Calcium- und Magnesiumsalzen wegen, nicht beweisend, — das deutliche

negative Resultat überzeugt uns aber, daß sie in meßbarer Menge in der Selachierschleimhaut jedenfalls nicht vorkommt.

Die Überzeugung Weinlands, daß eine organische Säure die stark saure Reaktion des Magensaftes bedingt, hat mir Anregung gegeben, den reinen Magensaft von Scyllium der Destillation zu unterwerfen. Damit ich eine größere Menge Flüssigkeit zur Verfügung hatte, wurde täglich Seewasser mit der Sonde dem Probetier in den Magen gebracht und nach ungefähr fünf Stunden ebenfalls mit der Sonde wieder ausgehebert. Die Acidität des gesammelten Saftes betrug ebenso wie diejenige des Hungersaftes 0,08—0,1 % (als Salzsäure berechnet).

Aus meiner in den vorigen Seiten beschriebenen Untersuchung war hervorgegangen, daß die Salzsäureausscheidung nicht unbedeutend war; es blieb aber die Möglichkeit, daß nebenbei noch eine andere Säure im Magensaft vertreten war. Bei der Destillation des reinen Saftes destillierte sogleich eine sehr flüchtige Säure über, welche nicht chlorhaltig war, rotes Kongopapier blau färbte, aber keine Reaktion zeigte mit Phloroglucin-Vanillin, dieses letztere im Gegensatz zu der hinterbleibenden Flüssigkeit im Destillierkolben. Eine Chlorreaktion des Destillates war erst deutlich, nachdem im Kolben eine Konzentration von $\pm 0,6$ % HCl erreicht war. Destilliert man eine wässrige Salzsäurelösung, deren Acidität mit derjenigen des Magensaftes unserer Selachier übereinstimmt, so findet man ebenfalls erst bei der obengenannten Konzentration Spuren von Salzsäure im Destillat. Es ergab sich als unmöglich, die Salzsäure vollkommen überzudestillieren, denn bei zunehmender Konzentration des eiweißhaltigen Saftes traten Zersetzungsprodukte auf, sodaß die Bildung und die Dissociation von NH_4Cl nicht auszuschließen war. Die plötzliche Alkalinität des Destillates deutete auf diese Zersetzung.

Das erste Destillat, das, wie gesagt, keine Chlorreaktion zeigte, bestand aus reiner Ameisensäure. Nach der mikrochemischen Methode von Behrens¹⁾ wurde das Ceroformiat hergestellt. Sonstige flüchtige Säuren fehlten im Magensaft.

¹⁾ Anleitung z. mikrochem. Analyse der wichtigsten organ. Verbindungen. Hamburg u. Leipzig 1897.

Bei in Gefangenschaft lebenden Scyllien, welche keine Nahrung aufnehmen, wird also neben Salzsäure Ameisensäure als organische flüchtige Säure im Magensaft angetroffen.

Das Destillat 100 ccm Magensaftes wurde schon neutralisiert von 2 ccm $n/10$ NaOH, während eine gleiche Menge des ursprünglichen Saftes 22 ccm zur Neutralisation brauchte. Im Verhältnis zu der Salzsäureabscheidung ist also die Menge der organischen Säure sehr gering. Diese letztere bildet also kein Hauptprodukt des Magensaftes.

Weil reiner Magensaft unvermischt mit Digestionsprodukten nicht auf andere Weise zu erlangen ist, es sei denn, daß man auf operativem Wege einen Nebenmagen mit Fistel konstruierte (eine Operation, welcher viele technische Schwierigkeiten im Wege stehen), bleibt die Frage unbeantwortet, ob bei regelmäßig ernährten Fischen neben Salzsäure ebenfalls eine organische Säure abgeschieden wird.

Über die Natur der organischen Säure, welcher Weinland die Acidität des Magensaftes der Selachier zuschreibt, hat er sich in seiner Abhandlung nicht ausgesprochen. Es wäre nicht ohne Interesse, auch bei andern Selachiern und bei Teleostiern die Abscheidungsprodukte der Magendrüsen in dieser Richtung zu untersuchen. Damit die Digestion, bei welcher alle möglichen organischen Säuren entstehen können, völlig ausgeschlossen sei, wird auch hier die Untersuchung in Gefangenschaft stattfinden müssen bei widerstandsfähigen Exemplaren, welche zur Sondereinführung geeignet sind. Ich sammelte in der Weise während einiger Tage den Magensaft von hungernden Uranoscopi (scaber), bei welchen das Glasrohr leicht durch den dehnbaren Oesophagus hinuntergleitet; die Fische starben aber, bevor der Mageninhalt von den letzten Nahrungsresten gereinigt war.

Ich hebe noch einmal hervor, daß die Abscheidung einer organischen Säure bei hungernden Selachiern nach meiner Untersuchung nicht zweifelhaft ist, daß aber die Acidität zum größten Teil von der Salzsäure herrührt.

Neulich hat Sullivan,¹⁾ ohne die Auffassung von Weinland zu berücksichtigen, die Acidität im Magensaft von zahl-

¹⁾ U. S. Bureau of Fisheries Bull., 1907, vol. 27.

reichen amerikanischen Selachiern bestimmt und als Salzsäure berechnet. In der nächsten Tabelle (Tabelle III) gebe ich eine Übersicht von seinen Werten im Vergleich mit denen anderer Untersucher, in Kubikzentimetern $n/10$ -Säure und in HCl berechnet.

Bei *Carcharias littoralis* und *Carcharhinus obscurus* hat Sullivan zur gleichen Zeit die freie Salzsäure bestimmt mit der von Sjöqvist verurteilten Methode Martius-Lüttke. Die Argumente Sjöqvists, Seite 2 von mir erwähnt, gelten also ebenfalls gegen diese Bestimmungen.

Bei sämtlichen von mir in Neapel untersuchten Selachiern¹⁾ wurde, sowohl während als außer der Verdauung, der Mageninhalt sauer reagierend angetroffen. Als Ausnahme sei nur die alkalische Reaktion von 2 Exemplaren von *Raja clavata* erwähnt, deren Mageninhalt aus unverdauten Crustaceen und Schleim bestand. Bei 7 anderen Rajen, bei welchen sich neben Crustaceen auch Fischteile im Speisebrei befanden, war die Reaktion deutlich sauer. Dieser Befund stimmt überein mit den Resultaten Weinlands, der ebenfalls bei der Digestion von Crustaceen die Reaktion öfters alkalisch fand, was er in Zusammenhang bringt mit der eigentümlichen Funktion der sogenannten Gefäßsphincteren (kontraktile Ringe von glatter Muskulatur unter der Drüsenschicht um die Venen herumgelagert), welche man in der Magenschleimhaut von *Raja* antrifft, wo sie von P. Mayer²⁾ ausführlich beschrieben sind. Tatsächlich gelang es Weinland, durch Reizung dieser Splinctermuskelfasern mittels *secale cornutum*, die ursprünglich saure Reaktion von der Schleimhaut in eine alkalische umzuändern. Für eine detaillierte Beschreibung verweise ich auf die ursprüngliche Mitteilung.

Wenn man bei Selachiern den sauren Mageninhalt entfernt und nachher die Schleimhaut sehr sorgfältig mit *Aqua destillata* abspült, ist es bisweilen möglich, zu konstatieren, daß

¹⁾ Zur Untersuchung kamen: *Scyllium canicula* und *stellare* (20 Exemplare), *Mustelus laevis* (2 Exempl.), Embryonen von *Mustelus laevis*, *Squatina vulgaris* (3 Exempl.), Embryonen von *Squatina*, *Heptanchus cinereus* (1 Exempl.), *Torpedo ocellata* und *marmorata* (14 Exempl.), *Raja clavata* und *punctata* (9 Exempl.), *Acanthias vulgaris* (2 Exempl.).

²⁾ Mitt. d. zool. Stat. Neapel, Bd. VIII, 1888, S. 358.

Tabelle III.

	Acidität in ccm n-Säure pro 100 ccm	Acidität in HCl pro 100 ccm	Namen des Autors	Bemerkungen
Scyllium catulus . . .	—	0,69	Richet	Die Bestimmungen Richets sind in einem Autodigerat der Schleimhaut angestellt (s. S. 456).
› › . . .	—	1,29	›	
› canicula (2 Exemplare)	—	1,49	›	
Squalus squatina . .	—	0,69	›	
› ›	—	1,18	›	Künstliche Nahrung.
(3 Exemplare)	—	1,18	›	
Squalus squatina . .	—	0,81	›	
Raja clavata	—	1,46	›	
Acanthias vulgaris .	—	0,68	Yung	Hungermagensaft.
› ›	—	0,25	›	
Scyllium canicula (4 Exemplare)	—	0,84	›	
Scyllium	—	1,1	Sellier	
› catulus	13,2	—	Wein- land	Während der Verdauung.
› ›	6,9	—	›	
› canicula	10,9	—	›	
› catulus (2 Exemplare)	33,7 (Mittelzahl)	—	›	
Mustelus laevis	9,9	—	›	Während der Verdauung.
Squatina angelus . . .	17,7	—	›	
Torpedo	45,5	—	›	
› ocellata (3 Exemplare)	31,2 (Mittelzahl)	—	›	
Torpedo marmorata . .	14,4	—	›	Während der Verdauung.
Raja asterias	30,6	—	›	
› ›	12,1	—	›	
› ›	11,1	—	›	
› ›	8,7	—	›	Während der Verdauung.
› clavata	8,0	—	›	
Mustelus canis (50 Exemplare)	—	0,04–1	Sullivan	

Tabelle III.

(Fortsetzung.)

	Acidität in ccm n-Säure pro 100 ccm	Acidität in HCl pro 100 ccm	Namen des Autors	Bemerkungen
Carcharias littoralis (25 Exemplare)	—	0,1–1,2	Sullivan	Hungermagensaft.
Squalus Acanthias (60 Exemplare)	—	0,67	›	
Carcharinus obscurus (2 Exemplare)	—	0,55	›	
Lamna cornubica (1 Exemplar)	—	0,275	›	
Galeocerdo tigrinus (1 Exemplar)	—	0,90	›	Während der Fibrin- verdauung.
Tetronarce orientalis (1 Exemplar)	—	0,51	›	
Scyllium catulus (stel- lare)	2 à 4	0,07 à 0,15	van Her- werden	
Scyllium catulus (stel- lare)	12	0,44	›	
Scyllium catulus (stel- lare)	3,9	0,14	›	Nach Einführen von ge- kochtem Amylum.
Scyllium catulus (stel- lare)	5,4	0,20	›	Nach Einführen von Eidotteremulsion.
Scyllium catulus (stel- lare)	4,3	0,16	›	Nach Einführen von Olivenöl.
Acanthias vulgaris ¹⁾ .	3,9	0,14	›	Frisch gefangen mit leerem Magen.
› ›	6,5	0,24	›	
› ›	12	0,44	›	
Raja clavata ¹⁾	3,8	0,13	›	
› ›	1,2	0,04	›	Während der Ver- dauung.
Squatina vulgaris . . .	12	0,44	›	
Mustelus vulgaris ¹⁾ .	11	0,40	›	
› ›	16,4	0,60	›	

¹⁾ Diese Exemplare wurden an der zoologischen Station in Helder untersucht.

nur die Pars cardiaca sauer, die Pars pylorica dagegen neutral reagiert. Auch in denjenigen Fällen, wo die Pars pylorica sich nicht durch ihre rohrförmige Gestalt vom übrigen Teil des Magens unterscheidet, ist ihre Schleimhaut meistens schon makroskopisch zu erkennen an den regelmäßig in Längsrichtung verlaufenden Falten und an der weißen Farbe im Gegensatz zu der gelblichroten Farbe der übrigen Mucosa. Vergebens sucht man sowohl bei Selachiern als bei Teleostiern in der Pars pylorica die Drüsenzellen der Pars cardiaca, welche durch acidophile Körnerung charakterisiert sind und deren Struktur weder vollkommen mit den delomorphen, noch mit den adelmomorphen Drüsenzellen der höheren Vertebrata vergleichbar ist. Die obengenannte neutrale Reaktion der abgespülten Schleimhaut der Pars pylorica spricht für die Auffassung, daß die Säureabscheidung an die Gegenwart der genannten Zellen gebunden ist.

Den Säuregehalt des Magensaftes der Teleostier habe ich nur ein einziges Mal bestimmen können, weil mir in Neapel nur kleine Arten mit äußerst kleiner Menge Saft zur Verfügung standen. Die Reaktion ist viel weniger stark sauer als bei Selachiern und wurde auch bei vollem Magen nicht selten neutral oder alkalisch angetroffen. Nur bei *Gadus morrhua* und bei *Cyclopterus lumpus* habe ich an der zoologischen Station in Helder die Reaktion Kongopapier gegenüber positiv gesehen; freie Säure wurde also bei den anderen untersuchten Arten nicht gefunden.

Neutrale Reaktion des Mageninhaltes während der Digestion ergab sich bei den folgenden Teleostiern: *Mugil chelo* und *auratus* (15 Exempl.), *Lophius piscatorius* (1 Exemp.), *Gadus* (1 Exempl.), *Solea impar* (2 Exempl.), *Gobius paganellus* (2 Exemplare nach künstlicher Ernährung mit Fett), *Scorpaena ustulata* (1 Exemplar nach Fettzufuhr), *Pleuronectes platessa*¹⁾ (1 Exempl.), *Cepola rubescens* (8 Exempl.). Außer bei *Mugil*, der sich mit Algen ernährt, wurden im Magen dieser Teleostier Crustaceen und kleine Fische gefunden.

Neutrale Reaktion ohne Nahrungsreste ergab sich bei

¹⁾ An der zoologischen Station in Helder untersuchte Exemplare.

Scorpaena ustulata (2 Exempl.) nach einer Hungerperiode von 2 und 4 Wochen.

Alkalische Reaktion während der Digestion wurde konstatiert bei: *Pleurenectes platessa*¹⁾ (2 Exempl.), *Rhombus maximus*¹⁾ (1 Exempl.), *Solea impar* (1 Exempl.), *Box salpa* (1 Exemplar nach künstlicher Fettnahrung), *Gobius paganellus* (8 Exempl.), *Ophidium barbatum* (1 Exempl.), *Conger myrus* (1 Exempl.), *Pagellus erythrinus* (1 Exempl.). Bei diesen zwei letzteren Genera war nur der Mageninhalt alkalisch, während die mit Aqua destillata abgespülte Schleimhaut eine deutlich saure Reaktion zeigte. Alkalische Reaktion ohne Nahrungsreste fand ich bei *Pagellus erythrinus* (3 Exempl.) und *Corvina nigra* (1 Exempl.). Außerdem ist der ganze post-oesophagische Teil des Tractus intestinalis alkalisch bei denjenigen Fischen, bei welchen eine eigentliche Magenschleimhaut fehlt und der Gallengang gleich distal vom Oesophagus in den Darm einmündet. (Siehe S. 475.) Von einem Mageninhalt kann hier natürlich nicht die Rede sein.

Sauer reagierte der Mageninhalt von: *Uranoscopus scaber* (10 Exempl.), *Conger vulgaris* (3 Exempl.), *Sphaegobranchus* (1 Exempl.), *Box Salpa* (2 Exemplare bei pflanzlicher Nahrung), *Cyclopterus lumpus*¹⁾ (4 Exempl.), *Gadus morrhua*¹⁾ (3 Exempl.).

Saure Reaktion ohne Nahrungsreste bei: *Zeus faber* (1 Exempl.), *Corvina nigra* (1 Exempl.), *Scorpaena scrofa* und *ustulata* (5 Exempl.), *Gobius paganellus* (1 Exempl.), *Trachinus draco* (1 Exempl.), *Cepola rubescens* (2 Exempl.), *Gadus morrhua*¹⁾ (5 Exempl.).

Im Magen von *Cyclopterus lumpus*¹⁾ wurde freie Säure angetroffen. (Blaufärbung von rotem Kongopapier); 10 ccm des filtrierten Magensaftes wurden aber schon neutralisiert von 0,4 ccm $n/10$ -NaOH, also eine Acidität als HCl berechnet von bloß 0,014 ‰. Bei *Uranoscopus scaber* habe ich eine Acidität von 0,1 ‰ (als HCl berechnet) angetroffen.

Die alkalische Reaktion bei Pleuronectiden ist leicht zu verstehen, weil der Magen in sehr weiter Kommunikation mit dem Darmlumen steht.

¹⁾ An der zoologischen Station in Helder untersuchte Exemplare.

dem wurden immer Kontrollversuche mit Salzsäurelösung ohne Extrakt und mit gekochten Extrakten angestellt.

Eine Digestion bei alkalischer Reaktion habe ich bei den von mir untersuchten Selachiern nicht konstatieren können. Sogar schon bei neutraler Reaktion hörte einige Male die Verdauung auf. Als Beispiel erwähne ich den folgenden Versuch:

Die Magenschleimhaut von *Squatina vulgaris* wurde dem während der Digestion getöteten Tiere entnommen. (20 g Schleimhaut in 200 ccm 0,5 % HCl.) Nach 24 Stunden wurde filtriert. 6 ccm Extrakt + 4 ccm Aqua destillata verdaute bei Brutofentemperatur in 18 Stunden beiderseits 3,5 mm eines Serumröhrchens. 6 ccm Extrakt + 4 ccm stark verdünnte Natronlauge (die Reaktion des Gemisches war neutral Phenolphthalein gegenüber) ließ dagegen in 18 Stunden das Serumröhrchen unberührt.

In anderen Fällen war die Digestion bei neutraler Reaktion nicht vollkommen aufgehoben, sondern nur verlangsamt. Daß man auch bei Aufhebung der Digestion tatsächlich nur mit einer Hemmung, nicht mit einer Destruktion des Enzyms zu tun hat, ergibt sich, wenn man die neutrale Reaktion z. B. nach einem Zeitverlauf von 24 Stunden wieder in eine saure umändert.¹⁾

So wurde z. B. bei *Torpedo* ein Serumröhrchen bei neutraler Reaktion in 24 Stunden kaum durch das Schleimhautextrakt verdaut. Sobald die Acidität auf 0,5 % HCl gebracht wurde, war eine deutliche Digestion zu konstatieren (5 mm beiderseits in 24 Stunden).

Eine ähnliche Hemmung fand ich bei einigen Teleostiern, bei welchen die Reaktion der Magenschleimhaut bei der Sektion neutral gefunden war; z. B. Magenschleimhautextrakt von *Lophius piscatorius* verdaut in 24 Stunden bei einer Temperatur von 36° kein Fibrin. Die Flüssigkeit wird sauer gemacht bis zu einem Gehalt von \pm 0,2 % HCl; 24 Stunden später sehr deutliche Digestion.

Mit dem alkalisch reagierenden Magensaft des S. 467 erwähnten Rajen wurden leider keine Digestionsversuche ge-

¹⁾ Sobald mit neutralen oder alkalischen Säften gearbeitet wurde, habe ich immer Thymol zugesetzt. Diese Bemerkung gilt auch für die späteren Versuche über Lipolyse.

macht. In bezug auf die positiven Resultate Weinlands wäre dies nicht ohne Interesse gewesen.

Bei Scyllium lag das Optimum der Pepsinwirkung bei einer Acidität von 0,5 à 1 % HCl. Auch mit 2 % HCl war das Enzym noch wirksam. Ein Säuregehalt von 4 % wurde bei Heptanchus nicht mehr vertragen. Milchsäure und Essigsäure können HCl vertreten, ohne daß die Enzymwirkung geschädigt wird. Kleine Fragmente der Magenschleimhaut (Torpedo) von gleicher Größe wurden resp. in eine gleiche Menge Salzsäure, Milchsäure, Essigsäure und Seewasser gebracht. Die Acidität der drei erstgenannten Säuren war ungefähr dieselbe, übereinstimmend mit 0,5 % HCl. Nach 2 Stunden war bloß das Fragment in Seewasser noch unberührt, die drei anderen vollkommen verdaut.

Auch Weinland fand, daß die Milchsäure HCl vertreten kann (S. 285).

Bei Embryonen von *Mustelus laevis* (19 cm lang) mit großem Dottersack habe ich vergebens das sämtliche Schleimhautextrakt von 10 Magen auf Pepsin untersucht (0,8 g Schleimhaut in 8 ccm 0,5 %iger HCl), während die Reaktion der Schleimhaut bei allen Exemplaren stark sauer Lackmus gegenüber war. Im Gegensatz mit dem Befund beim erwachsenen *Mustelus* sieht man in der Mucosa die Drüsenzellen noch im embryonalen Zustand mit sehr großem Kern und nur vereinzelt Körnern im Protoplasma. Der kleinen Menge Saftes wegen konnte nicht bestimmt werden, ob die abgeschiedene Säure Salzsäure war. Es fehlte freie Säure. Eine Untersuchung auf Ameisensäure fand nicht statt, weil die Abscheidung dieser Säure bei Selachiern mir damals noch nicht bekannt war. Es wäre interessant, in einem dergleichen Falle mit ungenügend entwickelten Drüsenzellen zu untersuchen, ob bei Abwesenheit von Pepsin schon HCl sezerniert wird.

Fünf Embryonen von *Squatina vulgaris* (17 cm lang), ebenfalls mit großem Dottersack, zeigten schon gut entwickelte Magendrüsen. Die Reaktion war sauer, freie Säure war nachzuweisen und Pepsin aus der Magenschleimhaut zu extrahieren. 1,25 g Magenschleimhaut in 10 ccm 0,7 %iger HCl verdaute bei Brutofentemperatur beiderseits 3 mm von einem Serumröhrchen

innerhalb 24 Stunden. Auch Krukenberg¹⁾ hat bei *Acanthias*-embryonen mit voluminösem Dottersack schon Pepsin im Glycerinextrakt des Magens konstatieren können.

Bei den untersuchten Teleostiern wurden Serumröhrchen nicht oder nur in minimaler Weise von den Magenschleimhautextrakten verdaut. Möglicherweise ist dies einer baldigen Zersetzung der Infuse bei Brutofentemperatur und saurer Reaktion zuzuschreiben, wie sie neulich von Hammarsten²⁾ beim Hechte beschrieben wurde. Persönlich habe ich in dieser Richtung keine Versuche angestellt. Eine deutliche Fibrindigestion war aber meistens bei einem Säuregehalt von 0,2 % HCl nicht zu verkennen. Dieser letztere Befund braucht nicht mit der obengenannten Auffassung in Widerspruch zu sein, weil, wie bekannt, die Fibrinverdauung viel schneller als diejenige des gekochten Serums stattfindet und vor der Zersetzung des Enzyms schon nachweisbar werden kann.

Ein bei alkalischer Reaktion wirksames Enzym konnte bei *Blennius ocellaris* und *Gattorugus*, *Crenilabrus pavo* und *Labrus* aus einem sich dem Oesophagus anschließenden Teil des Tractus intestinalis extrahiert werden. Bei diesen Teleostiern fehlt, wie bekannt, ein eigentlicher Magen; der Gallengang mündet gleich distal vom Oesophagus in den proximal stark ausgedehnten Darmteil. Molluskenmuscheln, welche bei *Blennius* öfters den Vorderdarm füllen, werden des Mangels an Säure wegen nicht gelöst, sondern fein gerieben im Enddarm zurückgefunden. Luchnau³⁾ hat schon 1878 das Fehlen eines bei saurer Reaktion wirksamen Enzyms bei den ebenfalls magenlosen Cyprinoiden beschrieben.

In bezug auf den histologischen Bau der Pars pylorica, in welcher sowohl bei Selachiern als bei den bis heute von mir untersuchten Teleostiern die charakteristischen S. 453 erwähnten Drüsenzellen der Pars cardiaca fehlen, war es nicht ohne Interesse, zu untersuchen, ob der Pylorusextrakt peptisch

¹⁾ Unters. a. d. Physiol. Institut Heidelberg, Bd. II, 1882.

²⁾ Diese Zeitschrift, Bd. LVI, Heft 1, 1908, S. 47.

³⁾ Über die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaug.-Diss. Königsberg 1878.

wirksam war. Die kleinen Magen der zur Verfügung stehenden Teleostier waren hierzu weniger geeignet als diejenige der Selachier; daher beschränkt sich meine Untersuchung vorläufig auf die letzteren. Es hat sich ergeben, daß Extrakte der Pars pylorica verglichen mit denen der Pars cardiaca nur eine äußerst geringe peptische Wirkung zeigen, möglicherweise der Verunreinigung mit Pepsin aus den Cardiadrüsen zuzuschreiben, welches gewiß auch nach sorgfältigem Abspülen der Schleimhaut nicht vollkommen aus den vielen Falten und Krypten zu entfernen ist. Dieselbe Ursache erklärt wahrscheinlich die nicht selten vorkommende geringe Pepsinwirkung der Oesophagusextrakte bei saurer Reaktion.

Während z. B. bei *Scyllium canicula* ein Fragment der Pars cardiaca in 0,5%iger HCl innerhalb einer Stunde bei einer Temperatur von 36° vollkommen verdaut war, zeigte sich bei einem gleich großen Fragment der Pars pylorica fünf Stunden später bei derselben Temperatur und bei gleichem Säuregehalt nur eine Spur von Digestion.

Eine Labwirkung habe ich bei neutraler oder schwach saurer Reaktion öfters im Magenschleimhautextrakt von Selachiern nachweisen können, im Gegensatz zu dem neulich publizierten Befund von Sullivan,¹⁾ der bei seinen untersuchten Exemplaren bei neutraler Reaktion die Fähigkeit des Extraktes Milch zu koagulieren immer vermißte.

Chitinpanzer ändern im Magen ihre Konsistenz, man trifft sie als papierdünne Häutchen in dem Speisebrei an. Dieselbe Veränderung sieht man aber *in vitro* in einer Säurelösung derselben Konzentration. Öfters fand ich das Chitin im Enddarm zurück; Verdauung findet also wahrscheinlich nicht statt. Yung²⁾ kam nach verschiedenen Versuchen bei Selachiern und Teleostiern zu demselben Resultat. Einen reduzierenden Zucker habe ich im Magensaft, der während 24 Stunden bei einer Temperatur von 36° mit Chitin in Kontakt war, nicht gefunden.

Ein diastatisches Enzym fehlt im sauren Magensaft und in den Schleimhautextrakten von *Scyllium*. In Wasser gelöst

¹⁾ l. c. S. 466.

²⁾ l. c. S. 472.

und mit der Sonde in den Magen gebracht, wird Stärke, wie auch Weinland angibt, gleich erbrochen. Versuche in vivo sind deshalb von Weinland nicht erwähnt. Es ergab sich aber bei meinen Versuchen, daß in Seewasser gelöstes Amylum im Magen sehr gut zurückgehalten wird. In dem nach einigen Stunden ausgeheberten Saft war kein reduzierender Zucker nachzuweisen.

Auch eine Glykogenlösung in Seewasser zeigte nach einem Aufenthalt im Magen von einigen Stunden keine Reduktion mit der Fehlingschen Probeflüssigkeit. Bemerkenswert war in beiden Fällen die starke Schleimsekretion. Klümpchen Glykogen und Amylum wurden ungeändert in Schleim gehüllt im Mageninhalt zurückgefunden. Auch Richet¹⁾ und Yung hatten immer negative Resultate bei ihren Versuchen über die Wirkung von Magensaft oder Extrakte auf Stärke, der erste Autor bei *Acanthias* und *Scyllium*, der letztere bei *Galeus* und *Lamna* (S. 183). Weinland hat eine ausgedehnte Untersuchung bei verschiedenen Selachiern angestellt. Er konnte nur ein diastatisches Enzym im alkalischen Magensaft von *Raja* nachweisen, oder im Extrakt der Schleimhaut, welches ebenfalls alkalisch reagierte und auch nur bei dieser Reaktion Stärke gegenüber wirksam war. Auch mit dem Schleimhautextrakte von hungernden Rajen, bei welchen also eine Herkunft des diastatischen Enzyms aus der Crustaceennahrung ausgeschlossen war, erlangte Weinland positive Resultate (S. 290). Ich hatte in Neapel nicht die Gelegenheit, die Weinlandschen Versuche bei *Raja* zu wiederholen, weil während meiner Untersuchung über ein diastatisches Enzym mir nur Versuchstiere mit sauer reagierendem Mageninhalt zur Verfügung standen. Bei dieser letzteren war, auch wenn der Versuch auf die oben angedeutete Weise in vivo genommen wurde, die Auskunft immer negativ. Wohl habe ich aber in letzterer Zeit in Helder im alkalisch reagierenden Magensaft eines *Mustelus vulgaris* während der Crustaceenverdauung ein amylolytisches Enzym nachweisen können. Die Möglichkeit, daß das Enzym aus der Nahrung her stammt, vermochte ich

¹⁾ C. r. de l'Acad. des sc., Paris, Bd. XC, 1880, S. 879.

Trav. du lab. de Richet, Bd. II, 1893, S. 234.

Fetttröpfchen nachweisen können. Die physiologische Bedeutung dieses Fettes, welches wahrscheinlich mit dem Sekretionsprozesse der Drüsen nichts zu tun hat, weil es auch während des Winterschlafes und ebenfalls beim Foetus angetroffen wird, ist nach Verson noch unaufgeklärt.

Von Volhard¹⁾ wird ein englischer Untersucher, Marcet,²⁾ als der erste erwähnt, welcher die fettspaltende Funktion der Magenschleimhaut beschrieben hat. Volhard selber hat mit einer einwandfreien Methodik die Spaltung von Fetten durch den menschlichen Magensaft nachgewiesen. Nach seiner Untersuchung sind hauptsächlich von klinischer Seite zahlreiche Befunde über Lipolyse publiziert. Es ist hier nicht der Ort, die verschiedenen Untersuchungen über dieses Thema ausführlich zu besprechen; nur sei erwähnt, daß der Zweifel an die Abscheidung eines fettspaltenden Enzyms durch die Magenschleimhaut der Säugetiere, die Vermutung, daß man schließlich nur mit einem vom Pankreas herrührenden, in den Magen zurückfließenden Enzym zu tun hätte, genügend widerlegt ist durch die Befunde Volhards und durch diejenigen späterer Untersucher. So gelang es z. B. Fromme³⁾ nachzuweisen, daß beim Schweine nur das Fundusextrakt deutlich wirksam war, das Extrakt der Pars pylorica fast nicht, eine Tatsache, welche bei der obengenannten Hypothese unerklärbar wäre.

Noch mehr überzeugend sind die Versuche Laqueurs⁴⁾ der im Magensaft eines Hundes mit kleinem Magen nach Paulow, bei welchem Tiere also jeder Zusammenhang mit dem Duodenum aufgehoben war, die Gegenwart eines fettspaltenden Enzyms nachweisen konnte und mit diesem Versuch einen übereinstimmenden Befund von Volhard bestätigte.

Doch sind in den letzteren Jahren von verschiedener Seite Versuche mitgeteilt, welche gegen die lipolytische Funktion des Magensaftes zeugen würden. So erwähnt z. B. Levites⁵⁾ bei

¹⁾ Zeitschr. f. klin. Med., Bd. XLII, 1901, S. 414.

²⁾ The med. Time and Gazette, New Series, 1858, Bd. XVIII.

³⁾ Hofmeisters Beitr., Bd. VII, 1906.

⁴⁾ Hofmeisters Beitr., Bd. VIII, 1906.

⁵⁾ Diese Zeitschrift, Bd. XLIX, 1906, S. 273.

Fetttröpfchen nachweisen können. Die physiologische Bedeutung dieses Fettes, welches wahrscheinlich mit dem Sekretionsprozesse der Drüsen nichts zu tun hat, weil es auch während des Winterschlafes und ebenfalls beim Foetus angetroffen wird, ist nach Verson noch unaufgeklärt.

Von Volhard¹⁾ wird ein englischer Untersucher, Marcet,²⁾ als der erste erwähnt, welcher die fettspaltende Funktion der Magenschleimhaut beschrieben hat. Volhard selber hat mit einer einwandfreien Methodik die Spaltung von Fetten durch den menschlichen Magensaft nachgewiesen. Nach seiner Untersuchung sind hauptsächlich von klinischer Seite zahlreiche Befunde über Lipolyse publiziert. Es ist hier nicht der Ort, die verschiedenen Untersuchungen über dieses Thema ausführlich zu besprechen; nur sei erwähnt, daß der Zweifel an die Abscheidung eines fettspaltenden Enzyms durch die Magenschleimhaut der Säugetiere, die Vermutung, daß man schließlich nur mit einem vom Pankreas herrührenden, in den Magen zurückfließenden Enzym zu tun hätte, genügend widerlegt ist durch die Befunde Volhards und durch diejenigen späterer Untersucher. So gelang es z. B. Fromme³⁾ nachzuweisen, daß beim Schweine nur das Fundusextrakt deutlich wirksam war, das Extrakt der Pars pylorica fast nicht, eine Tatsache, welche bei der obengenannten Hypothese unerklärbar wäre.

Noch mehr überzeugend sind die Versuche Laqueurs⁴⁾ der im Magensaft eines Hundes mit kleinem Magen nach Paulow, bei welchem Tiere also jeder Zusammenhang mit dem Duodenum aufgehoben war, die Gegenwart eines fettspaltenden Enzyms nachweisen konnte und mit diesem Versuch einen übereinstimmenden Befund von Volhard bestätigte.

Doch sind in den letzteren Jahren von verschiedener Seite Versuche mitgeteilt, welche gegen die lipolytische Funktion des Magensaftes zeugen würden. So erwähnt z. B. Levites⁵⁾ bei

1) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. XLII, 1901, S. 414.

2) The med. Time and Gazette, New Series, 1858, Bd. XVIII.

3) Hofmeisters Beitr., Bd. VII, 1906.

4) Hofmeisters Beitr., Bd. VIII, 1906.

5) Diese Zeitschrift, Bd. XLIX, 1906, S. 273.

Fistelhunden nur geringe Verseifung des Fettes, so lange kein Saft in den Magen aus dem Duodenum übertreten konnte, ein Befund, welcher mit denen von Volhard und Laqueur in absolutem Widerspruch steht.

Versuche über Fettresorption habe ich sowohl bei Teleostiern als bei Selachiern angestellt. Olivenöl- oder Eidotteremulsion wurde mit einem Glasrohr in den Magen des Versuchstieres gebracht, welches seit einigen Tagen oder längerer Zeit hungerte. Die Erfahrung, daß bei Selachiern die Digestion im Magen sehr lange dauern kann, gab mir Anlaß, bei diesen letzteren wenigstens eine Hungerzeit von 10 oder 14 Tagen vor dem Versuche abzuwarten. Tötet man den Fisch nach einer bestimmten Anzahl Stunden, so findet man Fetttröpfchen in großer Zahl im Oberflächenepithel.

Versons Meinung, daß das Auftreten von Fett nicht die Folge einer Fettresorption sein sollte, gab mir Anlaß, auch bei hungernden Fischen mit Osmiumsäure fixierte Schleimhautfragmente zu untersuchen. Tatsächlich habe ich bei hungernden *Scorpaenae* einige Male Fettkörnchen im Oberflächenepithel angetroffen, aber immer zur gleichen Zeit Fetttröpfchen zwischen den normalen, mit Osmiumsäure hellbraun gefärbten Körnern des Drüsenepithels. Es liegt auf der Hand, hier in Zusammenhang mit dem langdauernden Nahrungsmangel an eine fettige Degeneration zu denken. Nicolaides¹⁾ hat ebenfalls bei Säugtieren Fett in verschiedenen Drüsenzellen während einer Hungerperiode beschrieben (Pylorus, Pankreas usw.).

Auch bei einem Torpedo, welcher während derselben Periode (14 Tage) in Gefangenschaft lebte, als ein zweites Exemplar, das nach vorhergehender Fettnahrung eine große Anhäufung von Fetttröpfchen im Oberflächenepithel zeigte, fehte das Fett nicht vollkommen. Es ist schwer zu entscheiden, in welchem Maß man bei diesem Selachier, welcher solch eine lange Zeit zu dem Digestionsprozeß im Magen braucht, noch mit einem Reste resorbierten Fettes oder mit einer fettigen Degeneration zu tun hat.

Einen überzeugenden Beweis, daß tatsächlich eine Fettresorption in der Magenschleimhaut von Selachiern und Te-

¹⁾ Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt., 1899, S. 518.

leostiern stattfindet, liefert der Befund, daß bei einigen während voller Digestion getöteten Fischen überall in der Submucosa und zwischen der Muskulatur, besonders in den Lymphgefäßen, welche die Blutgefäße begleiten, Fettkörner nachweisbar waren. Bei hungernden Fischen habe ich dieses nie gefunden.

Wo jetzt die makroskopischen Bilder also ohne Zweifel den Beweis einer deutlichen Fettresorption lieferten, hat man recht, in der Magenschleimhaut und im Mageninhalt ein fettspaltendes Enzym zu erwarten.

Ursprüngliche Versuche mit Olivenöl hatten ein negatives Resultat. Eidotterfett hat den Vorteil, daß man eine bleibende Emulsion mit Wasser bereiten kann. Diese wurde mit Glycerinextrakt der Schleimhaut oder mit Magensaft zusammengebracht, Rosolsäure gegenüber neutralisiert, bis 38° erwärmt und nach einer bestimmten Anzahl Stunden mit $n/10$ -NaOH titriert.

Auch nach der von Volhard angegebenen Methode, wie sie später von Fromme bei Schleimhautextrakten des Hundes und des Schweines mit einer geringen Abänderung von Stade¹⁾ gebraucht wurde, habe ich Versuche angestellt. Von einer Emulsion von 3 Eidottern in 100 ccm Wasser wurden für jeden Versuch 20 ccm gebraucht, hierzu 5 ccm neutrales Extrakt gefügt und nach 24stündigem Verbleiben auf 38° in einem Scheidetrichter mit neutralem Äther und ein paar Kubikzentimeter neutraler Alkohol geschüttelt.

Vom Ätherextrakt wurde ein bestimmter Teil nach Zuzugung einer gleich großen Menge neutralen Alkohols titriert mit $n/10$ -NaOH (Phenolphthalein als Indikator). Zur gleichen Zeit wurde ein Kontrollversuch angestellt mit 20 ccm der Emulsion + 5 ccm neutralem Glycerin, welche Mischung 24 Stunden derselben Temperatur ausgesetzt war. Der Unterschied in der Acidität zwischen diesen beiden Lösungen konnte nur den von einem lipolytischen Enzym der Magenschleimhaut gebildeten Fettsäuren zuzuschreiben sein.

Die Resultate der in dieser Weise angestellten Versuche waren äußerst wechselnd. Wie aus der Tabelle IV hervor-

¹⁾ Beitr. zur chem. Physiol. u. Path., Bd. III, 1902.

Tabelle IV.

	Nahrung usw.		Eidotter- emulsion ccm	Reaktion	Zeitpunkt der Unter- suchung	Zur Neu- tralisation ver- brauchte ccm n_{10} -NaOH	Bemerkungen
<i>Acanthias vulgaris</i>	Schleim- haltige Flüssigkeit im Magen; keine Speise- reste	5 ccm neu- trales Schleimhaut- extrakt 5 ccm Glycerin	20		nach 4 Stunden	6	Methode Volhard-Stade.
	Seit 5 Tagen täglich Olivenöl mit der Sonde eingeführt	1 ccm Magensaft	20	neutrali- siert Rosol- säure gegen- über	nach 4 Stunden	3	„ „
	<i>Scyllium stellare</i> .	1 ccm Magensaft	10	neutrali- siert Rosol- säure gegen- über	nach 18 Stunden	1	Dieser letztere Versuch ist weniger beweisend als der vorige, weil die Emulsion als solche ti- triert wurde ohne Berei- tung eines Ätherextraktes wie bei der Methode Volhard. Der Umschlag der Reaktion war also weniger scharf.
	idem gekocht	10	desgl.	nach 18 Stunden	0,05		

geht, war einige Male die Auskunft unwiderlegbar positiv; demgegenüber stehen aber fünf Versuche bei Selachiern, bei welchen der Glycerinextrakt auf das Dotterfett lipolytisch vollkommen unwirksam war.

Ganz anders sind die Resultate, wenn man von einem Fette wie Monobutyrim ausgeht. Hanriot¹⁾ hat im Jahre 1898 dieses künstlich bereitete Fett benutzt, um die Gegenwart einer Lipase im Blutserum nachzuweisen. Die Untersuchung wird hierdurch sehr vereinfacht, weil die Titration gleich in der ursprünglichen Flüssigkeit geschehen kann, ohne daß es notwendig ist, ein Ätherextrakt zu bereiten. Arthus²⁾ hat später zu beweisen versucht, daß die sogenannte Lipase Hanriots nur eine Monobutyrase sei, d. h. ein Enzym, das wohl imstande ist, ein künstliches Fett wie Monobutyrim zu spalten, aber natürlichen Fetten gegenüber unwirksam sein soll.

Außer Hanriot³⁾ selber hat auch Bitny Schliakto⁴⁾ in einer ausführlichen Arbeit die Auffassung Arthus', daß im Säugetierblute eine echte Lipase nicht vorkäme, genügend widerlegt. Während Arthus nämlich auf Grund einer eigenen Untersuchung dem Serum die Fähigkeit, natürliche Fette zu spalten, abspricht, erhielt Bitny Schliakto mit einer kleinen Modifikation von Arthus' Versuchen ein vollkommen positives Resultat und bestätigte hiermit die Auffassung Hanriots über die lipolytische Wirkung des Serums.

Während die meisten Untersucher, welche ein fettspaltendes Enzym in der Magenschleimhaut nachzuweisen versuchten, der Methode Volhard folgten, haben Bénech und Guyot⁵⁾ Glycerinextrakte des Pferdemagens auf Monobutyrim einwirken lassen. Es ergab sich, daß die Pars cardiaca zweimal so viel Monobutyrim spaltete als ein gleich großer Teil der Pars pylorica. Natronlauge hatte einen schädlichen Einfluß auf die Lipase. Wenn 5 ccm Glycerinextrakt mit 10 Tropfen $n/10$ -NaOH während einer Stunde auf 40° erwärmt wurden, war die Wirksamkeit

¹⁾ Arch. de Physiol., Bd. X, 1898, S. 797.

²⁾ Journal de physiol. et de path. gén., Bd. IV, 1902, S. 56.

³⁾ Journal de physiol. et de path. gén., Bd. IV, 1902, S. 289.

⁴⁾ Arch. de sc. biol., St. Pétersbourg, Bd. XI, Nr. 4 et 5, 1905, S. 370.

⁵⁾ C. r. de la Soc. de biol., Bd. LV, 1903, S. 994.

des Enzyms auf ein Drittel reduziert, mit 20 Tropfen war die Lipolyse fast aufgehoben. Unter denselben Verhältnissen verursachte Digestion mit HCl erst eine Hemmung, wenn 15 Tropfen $n/10$ -HCl zugefügt wurden.

Auch in normalem Magensaft des Menschen haben Bénéch und Guyot¹⁾ ein monobutyrynsplattendes Enzym nachgewiesen.

Meine Versuche über die Spaltung des Monobutyryns wurden an der zoologischen Station in Helder angestellt, bei Raja (3 Exempl.), Acanthias (2 Exempl.), Gadus (3 Exempl.) und Cyclopterus (4 Exempl.). Außerdem wurde eine große Anzahl Kontrollversuche angestellt.

10 ccm einer neutralen wässerigen 1%igen Lösung von Monobutyryn (Merck) wurden mit 5 ccm Glycerinextrakt der Magenschleimhaut versetzt. Dieses letztere war in der Weise bereitet, daß die fein geriebene Schleimhaut bei Zimmertemperatur 24 Stunden mit Glycerin und Wasser (2 : 1) extrahiert und zum Schluß koliert wurde.

Die innere Oberfläche des Magens war vorher wiederholt mit Seewasser abgespült. Das Gemisch von Monobutyryn und Extrakt wurde neutralisiert mit $n/10$ -NaOH (Phenolphthalein oder Rosolsäure als Indikator), bei 38° erhitzt und nach einer bestimmten Anzahl Stunden wieder titriert.

Als Kontrollversuch wurde immer Monobutyryn in derselben Weise mit 5 ccm gekochtem Extrakte versetzt. Mit dem Ziel, den Einfluß von Säure und Alkali zu untersuchen, sind verschiedene Versuche angestellt, bei welchen nach der Neutralisation noch $n/10$ -NaOCl oder $n/10$ -HCl der Lösung zugefügt wurde. Auch Monobutyryn mit einfachem Glycerin statt der Schleimhautextrakte wurde einer ähnlichen Untersuchung unterworfen. (Tab. V.)

Es hat sich herausgestellt, daß bei alkalischer Reaktion das Monobutyryn ohne Zusatz von Extrakt schon gespalten wird, eine Verseifung durch das Alkali, welche immer gleich beim Neutralisationspunkt aufhört. Im Jahre 1903 ist schon von Doyen und Morel²⁾ nachgewiesen, daß Natriumcarbonat Monobutyryn zu spalten vermag.

¹⁾ C. r. de la Soc. de biol., Bd. LV, 1903, S. 719.

²⁾ C. r. de la Soc. de biol., Bd. LIV, S. 785.

Tabelle V:

Gebrauchte Menge 1% Monobutyryn in ccm	Glycerinwasser in ccm	Reaktion	Zu der Mischung zugesetzt	Zeitpunkt der Untersuchung	Zur Neutralisation gebrauchte ccm n/10-NaOH	Bemerkungen
10	5	neutral mit Phenolphthalein	—	nach 18 Std.	0,05	.
10	5	desgl.	—	» 18 »	0,05	
10	5	»	+ 1 ccm n/10-HCl	» 18 »	1	1 — 1 = 0.
10	5	»	+ 1 » n/10-NaOH	» 18 »	0,05	} Verseifung bis zum Neutralisationspunkt.
10	5	»	+ 2 » n/10-NaOH	» 4 »	0,05	
10	5	»	+ 1,5 » n/10-HCl	» 4 »	1,3	1,5 — 1,3 = 0,2.
10	5	»	+ 1,5 » n/10-NaOH	» 4 »	0,05	Verseifung bis zum Neutralisationspunkt.
10	5	»	—	» 3 ^{1/2} »	0,05	
10	5	»	+ 1 » n/10-HCl	» 18 »	1,1	1,1 — 1 = 0,1.
10	5	neutral mit Rosolsäure	—	» 18 »	0,1	
10	5	desgl.	+ 1 » n/10-NaOH	» 18 »	0,1	} Verseifung bis zum Neutralisationspunkt.
10	5	neutral mit Phenolphthalein	+ 1 » n/10-NaOH	» 18 »	0,1	
10	5	desgl.	+ 1 » n/10-NaOH	» 18 »	0,05	
10	5	»	+ 0,3 » n/10-HCl	» 18 »	0,3	0,3 — 0,3 = 0.
10	5 ccm Extrakt der Darmmuskulatur	»	—	» 2 ^{1/2} »	0,1	
10	Extrakt von Taenien	»	—	» 18 »	0,05	

Tabelle VI.

	Gebrauchte Menge Monobutyryn in ccm	Schleimhautextrakt oder Magensaft in ccm	Reaktion	Zu der Mischung zugesetzt	Zeitpunkt der Untersuchung	Zur Neutralisation gebrauchte $\frac{n}{10}$ -NaOH in ccm	Bemerkungen
Raja 1	10	5	neutral mit Phenolphthalein	—	nach 6 Std.	1,35	10 g Magenschleimhaut in 25 ccm Glycerinwasser.
> 1	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 6 >	0,1	
> 1	10	5	> > >	+ 1 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH	> 6 >	0,8	
> 1	10	5	> > >	+ 1 > $\frac{n}{10}$ -HCl	> 6 >	2,0	2,0 — 1 = 1,0.
> 2	10	5 Magensaft	sauer > >	—	> 2 >	2	5 ccm Magensaft werden neutralisiert von 1,75 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH. 2 — 1,75 = 0,25.
> 2	10	5 >	> > >	—	> 18 >	2,7	2,7 — 1,75 = 0,95.
> 3	10	5	neutral > >	—	> 2 >	2	12 g Magenschleimhaut in 25 ccm Glycerinwasser.
> 3	10	5	> > >	—	> 5 >	2,6	
> 3	10	5	> > >	+ 3 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH	> 5 >	0,4	
> 3	10	5	> > >	+ 1 > $\frac{n}{10}$ -HCl	> 5 >	3,1	3,1 — 1 = 2,1.
> 3	10	5 (Extrakt der pars pylorica)	> > >	—	> 5 >	0,2	0,7 g Schleimhaut der pars pylorica in 5 ccm Glycerinwasser.
> 3	10	5 Magensaft	sauer > >	—	> 18 >	0,8	5 ccm Magensaft werden neutralisiert von 0,5 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH. 0,8 — 0,5 = 0,3.
> 3	10	5 >	> > >	—	> 18 >	0,7	0,7 — 0,5 = 0,2.
Acanthias 1	10	6 neutralisierter Magensaft	neutral > >	—	> 18 >	0,7	
> 1	10	6 Magensaft	sauer > >	—	> 18 >	6,7	6 ccm Magensaft werden neutralisiert von 6,7 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH. 6,7 — 6,7 = 0.
> 1	10	5	neutral > >	—	> 4 >	1,4	20 g Magenschleimhaut in 40 ccm Glycerinwasser.
> 1	10	5	> > >	—	> 18 >	1,4	
> 1	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 18 >	0,05	
> 1	10	5 >	> > >	—	> 18 >	0,1	
> 1	10	5 Extrakt der pars cardiaca	> > >	—	> 18 >	0,8	Gleich große Menge (1 g) Schleimhaut der pars cardiaca und der pylorica, jede in 5 ccm Glycerinwasser.
> 1	10	5 Extrakt der pars pylorica	> > >	—	> 18 >	0,4	
> 2	10	2 Magensaft	sauer > >	—	> 18 >	1,4	2 ccm Magensaft werden neutralisiert von 1,3 ccm $\frac{n}{10}$ -NaOH. 1,4 — 1,3 = 0,1.
> 2	10	5 Extrakt	neutral > >	—	> 4 >	2,1	15 g Magenschleimhaut in 30 ccm Glycerinwasser.
> 2	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 4 >	0,1	
> 2	10	5	> > >	+ 1 ccm $\frac{n}{10}$ -HCl	> 4 >	2,4	2,4 — 1 = 1,4.
> 2	10	5	> > >	+ 1 > >	> 18 >	2,4	2,4 — 1 = 1,4.
> 2	10	5	> > >	+ 3 > >	> 18 >	4	4 — 3 = 1.
Embryo von Acanthias	10	10	> > >	—	> 18 >	0,05	Die ganze Schleimhaut fein gerieben in Glycerinwasser.

Tabel VII.

	Ge- brauchte Menge Mono- butyrin in ccm	Schleimhautextrakt in ccm	Reaktion	Zu der Mischung zugesezt	Zeitpunkt der Untersuchung	Zur Neu- tralisation gebrauchte ccm n/10-NaOH	Bemerkungen
Cyclopterus 1	10	5	neutral mit Lackmus	—	nach 6 Std.	0,8	
> 1	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 6 >	0,1	
> 1	10	5	> > >	+ 1 ccm n/10-NaOH	> 6 >	0,6	
> 1	10	5 (Extrakt der pars pylorica)	neutral mit Phenolphthalein	—	> 18 >	0,4	1,7 g Schleimhaut der pars py- lorica in 100 ccm Glycerin- wasser.
> 1	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 18 >	0,05	
> 2+3	10	5	> > >	—	> 18 >	1,3	12 g Magenschleimhaut in 25 ccm Glycerinwasser.
> 2+3	10	5	> > >	+ 0,5 ccm n/10-HCl	> 18 >	1,5	1,5 — 0,5 = 1.
> 2+3	10	5	> > >	+ 1,5 > >	> 18 >	2,1	2,1 — 1,5 = 0,6.
> 2+3	10	5 (gekocht)	neutral mit Rosolsäure	—	> 18 >	0,05	
> 2+3	10	5	> > >	—	> 18 >	1,2	
> 2+3	10	5	neutral mit Phenolphthalein	+ 0,5 ccm n/10-HCl	> 18 >	2,0	2,0 — 0,5 = 1,5.
> 2+3	10	5	> > >	+ 0,3 > >	> 18 >	2,3	2,3 — 0,3 = 2.
> 2+3	10	5 (Extrakt der pars pylorica)	> > >	—	> 18 >	0,3	} Gleich große Menge Schleimhaut der pars pylorica und der pars cardiaca, jede in 10 ccm Gly- cerinwasser.
> 2+3	10	5 (Extrakt der pars cardiaca)	> > >	—	> 18 >	0,4	
> 4	10	5	> > >	—	> 2 >	0,9	10 g Magenschleimhaut in 25 ccm Glycerinwasser.
> 4	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 5 >	0,1	
> 4	10	5	> > >	—	> 2 >	1	
> 4	10	5	> > >	—	> 5 >	1,6	
> 4	10	5	> > >	+ 1 ccm n/10-HCl	> 5 >	1,6	1,6 — 1 = 0,6.
> 4	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 24 >	0,1	
> 4	10	5 >	> > >	—	> 5 >	0,1	

Tabelle VIII.

	Ge- brauchte Menge Mono- butyrin in ccm	Schleimhautextrakt oder Magensaft in ccm	Reaktion	Zu der Mischung zugesetzt	Zeitpunkt der Untersuchung	Zur Neu- tralisation gebrauchte ccm n_{10} -NaOH	Bemerkungen
Cyclopterus 4	10	5 Magensaft	sauer	—	nach 18 Std.	0,3	5 ccm Magensaft neutralisiert von 0,1 ccm n_{10} -NaOH.
Gadus 1	10	5	neutral mit Lackmus	—	> 6 >	0,6	2½ g Magenschleimhaut in 15 ccm Glycerinwasser.
> 1	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 6 >	0,1	
> 2	10	5	neutral mit Phenolphthalein	—	> 18 >	1	± 2 g Magenschleimhaut in 15 ccm Glycerinwasser.
> 2	10	5	> > >	+ 0,3 ccm n_{10} -HCl	> 18 >	0,6	0,6 — 0,3 = 0,3.
> 2	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 18 >	0,05	
> 3	10	5	> > >	—	> 18 >	0,3	12 g Magenschleimhaut in 30 ccm Glycerinwasser.
> 3	10	5	> > >	+ 1 ccm n_{10} -NaOH	> 3½ >	0,05	15 Stunden später noch 0,3 ccm n_{10} -NaOH zur Neutralisation gebraucht.
> 3	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 3½ >	0,1	15 Stunden später noch 0,05 ccm n_{10} -NaOH zur Neutralisation gebraucht.
> 3	10	5	> > >	—	> 18 >	0,2	
> 3	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 18 >	0,05	
> 3	10	5	> > >	—	> 2½ >	1	15 g Schleimhaut der pars cardiaca in 30 ccm Glycerinwasser.
> 4	10	5	> > >	—	> 2½ >	1	
> 4	10	5	> > >	+ 1 ccm n_{10} -HCl	> 2½ >	2	2 — 1 = 1.
> 4	10	5 (gekocht)	> > >	—	> 3 >	0,1	
> 4	10	5	> > >	+ 1 ccm n_{10} -NaOH	> 3 >	0,1	
> 4	10	10 (Extrakt der pars pylorica)	> > >	—	> 3 >	0,3	3 g Schleimhaut der pars pylorica in 10 ccm Glycerinwasser.

Tabelle VI, VII und VIII liefern den überzeugenden Beweis, daß sowohl bei Teleostiern als bei Selachiern ein Monobutyryn spaltendes Enzym im Glycerinextrakte gefunden wird. Wir sehen z. B. bei Raja 1 nach 6 stündigem Erwärmen auf 38° eine derartige Fettspaltung auftreten, daß 1,35 ccm $n/10$ -NaOH zur Neutralisation gebraucht werden, während die Mischung mit dem gekochten Extrakt schon von 0,1 ccm neutralisiert wird. Bei den anderen untersuchten Selachiern erhielt ich einen ähnlichen Befund. Nur die Schleimhaut eines Acanthiasembryos erwies sich als inaktiv. (Embryo von 19 cm Länge.) Was die Teleostier betrifft, zeigte sich die Lipolyse sowohl bei Cyclopterus, als bei Gadus. Bei Gadus 3 ist die Spaltung sehr zweifelhaft, bei Gadus 2 und 4 dagegen wieder sehr überzeugend. (Tab. VIII.)

In den einzelnen Fällen, in denen auch der saure Magensaft auf diese lipolytische Wirkung untersucht wurde, sehen wir nur ein deutlich positives Resultat bei Raja 2, bei welchem nach einer Zeitdauer von 18 Stunden 5 ccm Magensaft 2,7 statt 1,75 ccm $n/10$ -NaOH zur Neutralisation brauchten. Bei Acanthias 1 verursachte der vorher neutralisierte Magensaft eine geringe Spaltung des Monobutyryns, der saure Saft war dagegen unwirksam. (Tab. VI.)

Falls es möglich war, die Pars pylorica gesondert zu untersuchen, ergab sich einmal (bei Acanthias 1) sehr deutlich die größere Wirksamkeit des Extraktes der Pars cardiaca. Weniger überzeugend war dies bei Cyclopterus. (Tab. VII.)

Immer negativ waren die Resultate mit gekochtem Extrakt; ebenso wenig gelang es, eine lipolytische Wirkung in Extrakten der Darmmuskulatur nachzuweisen. Dieser letzte Versuch wurde angestellt zur Widerlegung der Auffassung Oppenheimers, daß eine Monobutyrase im Gegensatz zu einer echten Lipase von allen möglichen Geweben produziert würde. Ebenfalls unwirksam war das Glycerinextrakt einer großen Menge Taenien, welche den Spiraldarm einer Raja füllten (Tab. V).

Was den Einfluß von Säure und Alkali betrifft, ergab

¹⁾ Handb. d. Physiol. Methodik, Tigerstedt, 1908, S. 85.

sich aus meinen Versuchen, daß Zusatz von 1 ccm $n/10$ -HCl beim neutralisierten Schleimhautextrakt die Enzymwirkung einigermaßen zu hemmen vermag, nicht aber vollkommen aufhören läßt. Alkali hebt die Lipolyse schneller auf als Säure von derselben Konzentration.

Während bei Raja 1 (Tab. VI) bei ursprünglicher neutraler Reaktion nach 6 Stunden 1,35 ccm $n/10$ -NaOH zur Neutralisation gebraucht werden, wird dies, nach Zusatz von 1 ccm $n/10$ -HCl, 2 ccm. Von diesem Werte muß 1 ccm zur Neutralisation der Salzsäure abgezogen werden; es bleibt $2 - 1 = 1$ ccm zur Neutralisation der Fettsäure übrig. Der Säurezusatz hat die Fettspaltung also etwas gehemmt ($1,35 - 1 = 0,35$ ccm Unterschied). Nach Zusatz von 1 ccm $n/10$ -NaOH, welcher, wie gesagt, eine Verseifung bis zum Neutralisationspunkte verursacht, braucht man bei Raja 1 nach 6 Stunden 0,8 ccm zur Neutralisation, also eine Abnahme von $1,35 - 0,8 = 0,55$ ccm.

Bei Gadus 4 (Tab. VIII) ist nach Zusatz von 1 ccm $n/10$ -HCl die Lipolyse gleich kräftig als bei ursprünglich neutraler Reaktion, während 1 ccm $n/10$ -NaOH die Enzymwirkung total aufzuheben vermag.

Nebst einem peptischen Enzym wird also ohne Zweifel in der Magenschleimhaut der Selachier und Teleostier ein fettspaltendes Enzym gebildet. Spätere Versuche werden die Frage beantworten, ob diesem letzteren eine wichtige Rolle, vergleichbar mit der Fettresorption im Darmlumen, zukommt. Die öfters negativen Resultate bei der Untersuchung des sauren Magensaftes in Zusammenhang mit der Hemmung der Lipolyse bei stark saurer Reaktion *in vitro* lassen vermuten, daß wenigstens bei Selachiern auf dem Höhepunkt der peptischen Digestion die Lipolyse fehlt oder unbedeutend ist. Möchte man nach Analogie der Befunde bei höheren Vertebraten dazu hinneigen, der Magenschleimhaut der Fische keine wichtige resorbierende Funktion zuzuschreiben, so sollte man im Auge halten, daß bei Selachiern die physiologischen Verhältnisse nicht vollkommen vergleichbar sind, weil die Nahrung eine viel längere Zeit im Magen zurückgehalten wird, bevor die Digestionsprodukte durch den Pylorus in den Darm übertreten. Der kolos-

sale Umfang des Magens verglichen mit dem äußerst kurzen Spiraldarm darf uns aber nicht verführen, diesen letzteren von geringerer Bedeutung als den Darm anderer Vertebraten zu achten, weil gerade durch die vielen Spiralwindungen eine sehr große resorbierende Fläche den Digestionsprodukten geboten wird. Die Funktion der Darmschleimhaut und die Enzymwirkung des Pankreassaftes auf die Verdauungsprodukte, welche den Magen unresorbiert verlassen, sind uns bei Fischen noch sehr wenig bekannt, so daß es nicht geraten ist, mit der Lücke in unseren Kenntnissen auf letzterem Gebiet schon jetzt bei Fischen über eine mögliche Bedeutung des Magens als resorbierendes Organ ein Urteil auszusprechen.
