

# Vergleichende Untersuchungen über die Verdauungsfermente der Kalt- und Warmblüter.

## 1. Hecht- und Hundepepsin.

Von

**A. Rakoczy.**

(Aus dem physiologisch-chemischen Laboratorium der kaiserl. St.-Wladimir-Universität in Kiew.)

Der Redaktion zugegangen am 2. Mai 1913.

Die Körpertemperatur der Kaltblüter ist bekanntlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen; sie ist in der kalten Jahreszeit mitunter um weniger als  $1^{\circ}$  C. von der der Umgebung unterschieden, und doch dauern bei einigen Tieren unter diesen Bedingungen Nahrungsaufnahme und Verdauungstätigkeit fort. Es ist zu erwarten, daß die Verdauungsfermente dieser Tiere in höherem Grade an die Arbeit in der Kälte angepaßt sind, als die der Warmblüter. Diese aprioristische Annahme kann jedoch bis jetzt nicht als endgültig festgestellt gelten, obschon in der Literatur bereits eine beträchtliche Anzahl von diesem Gegenstand gewidmeten Untersuchungen vorhanden ist.

Viele Jahre vor der Entdeckung des Pepsins war schon bekannt, daß der Magensaft die Eiweißstoffe am besten bei Körpertemperatur ( $36-40^{\circ}$  C.) verdaut und daß seine Wirkung mit dem Sinken derselben schwächer wird, um nahe bei  $0^{\circ}$  völlig aufzuhören. Deshalb glaubte man, daß die Kaltblüter die Nahrung nur im Sommer gut, im Frühling und Herbst schlechter und im Winter garnicht verdauen, während die Warmblüter in allen Jahreszeiten eine gleich intensive Verdauungstätigkeit aufweisen. In diesem Sinne sprach sich noch in der Mitte des vorigen Jahrhunderts Milne-Edwards aus.

Der erste Versuch, den Einfluß der Temperatur auf die Verdauungsfermente der kalt- und warmblütigen Tiere aufzu-

klären, wurde im Jahre 1873 von Fick und Murisier gemacht. Auf Grund der Vergleichung von Mageninfusionen des Frosches, des Hechtes und der Forelle mit denen von Schweinen und Hunden nach ihrer Wirkung auf geronnenes Hühnereiweiß bei verschiedener Temperatur gelangten die genannten Forscher zu dem Schlusse, daß die Pepsine der Kalt- und Warmblüter nicht identisch sind, denn obschon die Pepsine der Kaltblüter im Brutschrank fast die gleiche Verdauungswirkung aufweisen, wie die Pepsine der Warmblüter, zeigen die ersteren doch die Fähigkeit, auch bei niedrigen Temperaturen (unter  $0^{\circ}$ ) zu verdauen, während die Pepsine der Warmblüter diese Fähigkeit nicht besitzen.

Hoppe-Seyler (1877) gelangte auf Grund seiner Versuche mit Mageninfusionen des Hechtes zu der Ansicht, daß die Pepsine der Kaltblüter nicht nur imstande sind, Eiweiß (Fibrin) in der Kälte zu verdauen, sondern sogar ihr Wirkungsoptimum bei einer niedrigeren Temperatur entfalten als die der Warmblüter; so z. B. hat er für das Hechtpepsin das Optimum zwischen  $15-20^{\circ}$  C. aufgestellt, während dasselbe für das Hunde- und Schweinepepsin nahe bei  $40^{\circ}$  C. liegt.

Krukenberg ist entschieden gegen diese Annahme aufgetreten; er behauptet, daß er bei Untersuchung einer großen Anzahl von Fischen der verschiedensten Arten kein einziges Mal ein Ferment angetroffen habe, daß bei gewöhnlicher Temperatur ( $20^{\circ}$  C.) rascher auf rohes oder gekochtes Fibrin gewirkt hätte als bei  $38-40^{\circ}$  C. Der Unterschied in der Wirkung des Kalt- und Warmblüterpepsins bei verschiedener Temperatur sei ein nur scheinbarer und hänge vom relativ größeren Pepsin-gehalt des Magensaftes bei den Kaltblütern ab. Bei Vorhandensein von beträchtlichen Pepsinmengen vermögen die Säfte der Warmblüter auch in der Kälte zu verdauen (18, S. 422). Zu demselben Schlusse gelangte auch Riassenzew auf Grund seiner Versuche mit Mageninfusionen vom Hecht, Barsch, Frosch, Kalb und Hund. Neumeister, sowie Tamann betrachteten die Ausführungen Krukenbergs als beweiskräftig. Diese Anschauung hat in den späteren Untersuchungen, die einerseits gezeigt haben, daß das Warmblüterpepsin seine Wirkung auch

noch bei an  $0^{\circ}$  angenäherten Temperaturen äußern kann (Stscherbakow, Flaum, Klug, Oguro) und andererseits bestätigt haben, daß die Pepsine der Kalt- und Warmblüter ein und dasselbe Temperaturoptimum (ca.  $40^{\circ}$  C.) besitzen (Yung, Sellier, Sullivan u. a.), ihre Bestätigung gefunden.

Luchhau, sowie Richet und Mourrut nähern sich der ursprünglichen Meinung von Fick und Murisier; sie nehmen an, daß das Kaltblüterpepsin dasselbe Wirkungsoptimum besitzt, wie das der Warmblüter, sich aber vom letzteren dadurch unterscheidet, daß es verhältnismäßig besser bei niedrigen Temperaturen verdaut. So ist es nach Richet und Mourrut möglich, daß bei  $40^{\circ}$  C. eine Hundemageninfusion ihrer Verdauungswirkung nach stärker, als eine Fischmageninfusion ist, während bei  $30^{\circ}$  C. die letztere sich bereits als stärker erweisen kann als die erstere.

Somit nehmen die einen Forscher eine Anpassung der Pepsine dieser beiden Kategorien von Tieren an die Körpertemperatur an, die anderen hingegen treten für die Identität der in Frage kommenden Fermente ein und stellen also den Einfluß der Anpassung im gegebenen Falle in Abrede.

In jüngster Zeit hat diese strittige Frage, wie es scheint, in den Beobachtungen von Hammarsten ihre Lösung gefunden.

Auf Grund von mit Mageninfusionen vom Hecht angestellten Versuchen ist Hammarsten (10) zu der Schlußfolgerung gelangt, daß das Hechtpepsin im Gegensatz zu den Warmblüterpepsinen in einem sauren Reaktionsmedium bei Brutschranktemperatur sehr schnell (in einigen Stunden) zerstört wird und daher bei der Untersuchung der Wirkung des Hechtmagensaftes auf Hühnereiweiß (zu dessen Verdauung mehrere Stunden erforderlich sind) im Brutschrank das Ferment inaktiviert wird, bevor es eine merkliche Wirkung entfalten kann. Wenn man nun denselben Versuch bei einer niedrigeren Temperatur, die das Ferment nicht so schnell zerstört, vornimmt, so zeigt das letztere eine deutliche Verdauungswirkung an demselben Eiweiß. Deshalb äußert die Hechtmageninfusion ihr Wirkungsoptimum auf Hühnereiweiß bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur, was mit der Anschauung von Hoppe-

Seyler übereinstimmt. Nimmt man aber statt Hühnereiweiß Fibrin, das einer verhältnismäßig schnellen Verdauung unterliegt, so wird sich das Hechtpepsin auch im Brutschrank als fähig erweisen, sein Verdauungsoptimum wie die übrigen Fermente zu entfalten, da es vor seiner Zerstörung das Fibrin auflösen wird. Beim Vergleich dieses Versuches mit dem vorhergehenden erweist sich, daß das Hechtpepsin Fibrin recht gut und Hühnereiweiß sehr schlecht verdaut — eine Eigenschaft, der einige Forscher (Yung, van Herwerden) bereits früher Beachtung geschenkt haben. Somit unterscheiden sich nach Hammarsten das Hechtferment und wahrscheinlich ebenso auch die Fermente der anderen Kaltblüter von denen der Warmblüter nur durch eine geringere Widerstandskraft der zerstörenden Wirkung der Erwärmung im Brutschrank gegenüber, und durch diese Eigenschaft allein lassen sich alle übrigen Eigentümlichkeiten dieser Fermente erklären. Die vorstehend dargelegte Hammarstensche Erklärung erscheint gegenwärtig offenbar als die annehmbarste und wird von der Mehrzahl der Autoren, die auf diesem Gebiet gearbeitet und geschrieben haben (Biedermann, van Herwerden, Polimanti u. a.) akzeptiert.

Alle aufgeführten Daten beziehen sich, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, ausschließlich auf nur eine Art der Verdauungsfermente, und zwar das Pepsin. Was jedoch die anderen Verdauungsfermente anbelangt, so sind diesbezüglich, soweit ich nach der mir zugänglichen Literatur zu urteilen vermag, nur spärliche und einander widersprechende Angaben vorhanden (vgl. Biedermann, Starkenstein).

Die Versuche, die ich mit Mageninfusionen eines Kaltblüters (Hecht) einerseits und eines Warmblüters (Hund) andererseits angestellt habe, haben gezeigt, daß die obenerwähnte Hammarstensche Erklärung die Frage nicht ihrem ganzen Umfange nach umfaßt, und daß zwischen den Verdauungsfermenten (Pepsinen) der Kalt- und Warmblüter, wenigstens in den Grenzen der genannten Tierarten, tiefgreifendere Unterschiede vorhanden sind, als bloß ein ungleiches Verhalten gegenüber der zerstörenden Wirkung der Erwärmung im Brutschrank

bei Gegenwart von HCl. Diese Unterschiede äußern sich im ungleichen Verhalten der Fermente zu verschiedenen Substraten (d. h. verschiedenen Eiweißarten), zu der Acidität und zu der Temperatur des Reaktionsmediums.

Ich benutzte zu meinen Versuchen kalt (bei ca. 0°) mit  $n_{20}$ -HCl zubereitete Magenschleimhautinfusionen; in Anbetracht dessen, daß fertige Hechtmageninfusionen ihre Kraft recht schnell verlieren, habe ich nicht selten trockene Schleimhautpräparate benutzt: die abgeschabte Magenschleimhaut eines Hechtes wurde im Mörser mit einigen Thymolkrystallen zerrieben; sodann wurde diese Masse in einer dünnen Schicht auf reines Glas aufgetragen, bei Zimmertemperatur getrocknet, mit einem Messer vom Glase abgeschabt und das auf solche Weise erhaltene Pulver in einem geschlossenen dunklen Glasgefäß aufbewahrt; solche Präparate erwiesen sich als sehr beständig und gaben noch nach einigen Monaten vollkommen brauchbare Infusionen. Zum Vergleich dienten entweder in derselben Weise aus Hundemagenschleimhaut hergestellte Infusionen, oder der natürliche Magensaft von Hunden, der durch entsprechende Verdünnung auf die Acidität von  $n_{20}$ -HCl gebracht wurde.

Einige vergleichende Versuche haben gezeigt, daß *ceteris paribus* die getrocknete Magenschleimhaut des Hechtes stets um einigemal stärkere Infusionen gibt, als die des Hundes, woraus sich schließen läßt, daß die erstere relativ reicher an Pepsin ist, als die letztere; diese Beobachtung stimmt mit der Ansicht Krukenbergs überein, sowie mit den in letzter Zeit veröffentlichten Ergebnissen von Starkenstein, der festgestellt hat, daß die Organe (Leber) der Kaltblüter im allgemeinen relativ größere Diastasemengen enthalten, als die gleichnamigen Organe der Warmblüter.

Zum Ausgleich der Albumose- und Salzmengen, sowie der sonstigen Beimengungen wurde in allen Versuchen zu jeder der zu vergleichenden Infusionen ein gleiches Volumen der gekochten anderen hinzugesetzt; wenn die Infusionen sodann auf die gleiche Verdauungskraft gebracht worden waren, so diente zur Verdünnung stets das gekochte Gemisch beider.

Zwecks schneller Orientierung über die Verdauungskraft der miteinander zu vergleichenden Infusionen benutzte ich trockenes Karmin-Fibrin. Gut ausgewaschenes und zweimal in der Fleischmaschine feinzerschnittenes Rinderblutfibrin wurde 48 Stunden lang mit einer sauren Lösung von Borax-Karmin<sup>1)</sup> bei Gegenwart von Toluol gefärbt, sodann mit Wasser ausgewaschen, auf einige Stunden in ein Gemisch von Alkohol und Äther gebracht und sodann zuerst an der Luft und hernach im Luftbade bei 50—60° C. getrocknet und durch Siebe (1—0,5 mm) gebeutelt. Das so erhaltene dunkelrote grobkörnige Pulver wurde zu den Versuchen benutzt. Die Bestimmung der relativen Verdauungskraft wurde auf folgende Weise vorgenommen: in eine Reihe von Reagenzgläschen wurden je 5 ccm  $n/20$ -HCl gegossen; sodann in das erste 5 ccm Infusion gefüllt und weiter 5 ccm dieses Gemisches in das zweite Reagenzglas getan, umgeschüttelt usw.; man erhielt 2-, 4-, 8fache Verdünnungen usw.; eine eben solche Reihe von Verdünnungen wurde für die andere zu vergleichende Infusion zubereitet und sodann in jedes Reagenzglas aus einem kleinen Maß je ca. 0,05 g trockenes Karmin-Fibrin geschüttelt. Nach einer bestimmten Zeit (3'—10') wurden alle Reagenzgläschen umgeschüttelt, worauf ihre Färbung verglichen und auf diese Weise die relative Verdauungskraft der zu vergleichenden Infusionen bestimmt wurde. Wenn z. B. die Infusion A bei 2facher Verdünnung die gleiche Färbung ergab, wie B bei 4facher, so war also die Kraft von B 2mal so groß als die von A. Mit einer solchen Modifikation führt diese Methode bei Benutzung von trockenem Karmin-Fibrin viel bequemer und schneller zum Ziel als das ursprüngliche Grütznersche Verfahren. Das trockene Karmin-Fibrin läßt sich eine unbestimmt lange Zeit hindurch (mehrere Jahre) aufbewahren und ist stets ohne jede vorhergehende Bearbeitung gebrauchsfertig; außerdem ist das Abmessen des trockenen Pulvers viel bequemer als das Aus-

---

<sup>1)</sup> 1 g Karmin in 100 ccm kochender 1%iger wässriger Boraxlösung gelöst und nach Abkühlung mit einigen Tropfen Essigsäure bis zum Verschwinden des violetten Farbentons angesäuert.

waschen, Zerkleinern und Abwiegen des Grütznerschen Karmin-Fibrins.<sup>1)</sup>

Die anderen Methoden zur Bestimmung der Verdauungskraft werden bei Beschreibung der entsprechenden Versuche erörtert.

#### A. Verhalten zu verschiedenen Substraten.

I. Hechtmageninfusionen und Magensaft des Hundes bei Zimmertemperatur durch entsprechende Verdünnung mit  $n_{20}$ -HCl auf die gleiche Verdauungskraft gegenüber Karmin-Fibrin gebracht; die Messung der letzteren an Hühnereiweiß nach Mett bei verschiedenen Temperaturen ergab folgendes:

Hecht verd.	in 24 St.	bei 40° C.	0,	bei 16° C.	0,1—0,2 mm
Hund	»	» 24 »	» 40° »	5,9 mm,	bei 16° C. 1,0 mm

Die Hechtinfusion erwies sich nach dem Stehen bei 40° C. als fast unwirksam auf Karmin-Fibrin, so daß man das Unverdaulichbleiben des Eiweißes bei 40° in Übereinstimmung mit Hammarsten durch die Zerstörung des Hechtpepsins erklären konnte. Nach 24stündigem Stehen bei 16° ergaben jedoch beide Infusionen die gleiche Färbung mit Karmin-Fibrin, d. h. sie wiesen sowohl vor, als auch nach dem Versuch dem Fibrin gegenüber die gleiche Kraft auf, und doch erwies sich bei der Messung der Verdauungskraft am Eiweiß die Hechtinfusion viel schwächer als die des Hundes. Derartige Versuche wurden von mir vielmals bei verschiedenen Temperaturen mit verschiedenen Infusionen wiederholt, und stets erwies es sich, daß die Infusionen, die die gleiche fibrinverdauende Kraft aufgewiesen hatten, dem Hühnereiweiß gegenüber keine gleiche Verdauungskraft zeigten; die Hechtinfusion wirkte stets bedeutend schwächer, obschon die Zerstörung ihres Pepsins ausgeschlossen war, da die Versuche bei niedrigen Temperaturen (0° — 15° bis 24°) angestellt wurden. Damit die Verdauung der verschiedenen Eiweißarten unter gleichartigen Bedingungen vor sich gehe, wurde noch folgender Versuch angestellt.

<sup>1)</sup> Das käufliche trockene Karmin-Fibrin (Merck) erwies sich weniger brauchbar, da dasselbe recht schnell mit  $n_{20}$ -HCl bei völliger Abwesenheit von Fermenten eine merkliche Rosafärbung ergibt.

II. Hart gekochtes Eiweiß wurde nach Zerkleinerung mit Karmin gefärbt<sup>1)</sup> mit Alkohol-Äther entwässert, getrocknet und gebeutelt. Man erhielt ein dem Karmin-Fibrin ähnliches Präparat. Die parallelen Verdauungsversuche mit solchem Karmin-Eiweiß und mit Karmin-Fibrin bei 13° ergaben folgende relativen Größen der Verdauungskraft beider Infusionen:

Hecht	}	auf Fibrin fast gleich	{	auf Hühnereiweiß	1
Hund				»	4

Dieselben Infusionen erwiesen sich, auf die gleiche eiweiß-verdauende Kraft gebracht, als nicht gleich stark auf Fibrin wirkend. Die Hechtinfusion war von ca. 4 mal stärkerer Wirkung.

Die Ergebnisse dieser Versuche lassen sich doch wohl nicht mehr durch die Zerstörung des Hechtpepsins erklären, und man ist gezwungen, zuzugeben, daß die Pepsine verschiedener Tierarten (Hecht und Hund) sich den verschiedenen Eiweißarten — dem Fibrin- und Hühnereiweiß gegenüber — ungleich verhalten.

III. Vergleich der Infusionen nach ihrer Wirkung auf Hühner- und Serumeiweiß in Mettschen Röhrchen. Verdauung 16 Stunden lang bei 24° C.

Hecht	Hühnereiweiß	0,0 mm,	Serumeiweiß	2,6 mm
Hund	»	ca. 0,8 »	»	2,5 »

IV. Der gleiche Versuch mit anderen Infusionen. Verdauung 36 Stunden bei 8° C.

Hecht	Hühnereiweiß	ca. 0,2 mm,	Serumeiweiß	7,0 mm
Hund	»	1,0 »	»	4,0 »

V. Dasselbe. Durch entsprechende Verdünnung beide Infusionen auf die gleiche Verdauungskraft gegenüber Karmin-Fibrin gebracht. Verdauung 24 Stunden lang bei 15° C.

Hecht	Hühnereiweiß	0,0 mm,	Serumeiweiß	9,0 mm
Hund	»	1,2 »	»	6,7 »

Nach Abschluß des Versuchs wiesen beide Infusionen dem Karmin-Fibrin gegenüber wieder die gleiche Kraft auf; die Ungleichheit in der Wirkung auf Serum- und Hühnereiweiß

<sup>1)</sup> Das trockene Hühnereiweiß erforderte zu seiner Färbung eine stärker angesäuerte Borax-Karminlösung.

läßt sich folglich nicht durch die Zerstörung des Hechtpepsins während des Versuches selbst erklären.

VI. Der gleiche Versuch. Zum Vergleich wurden mit durch HCl gegen Lackmus neutralisiertem Serum gefüllte Röhrchen benutzt. Verdauung bei 16° C.

	Hühnereiweiß	Serum alkalisch	Serum neutralisiert
Hecht	0,0 mm	2,7 mm	2,4 mm
Hund	0,5 „	2,5 „	2,5 „

Der Unterschied in der Wirkung auf das alkalische und neutralisierte Serum ist derartig geringfügig, daß sich durch denselben die ungleiche Wirkung der zu vergleichenden Infusionen auf Hühner- und Serumeiweiß jedenfalls nicht erklären läßt.

Die aufgeführten Versuche beweisen, daß sich das Hecht- und Hundepsin den verschiedenen Arten von Eiweiß, und zwar einerseits dem Fibrin- und Serumeiweiß und andererseits dem Hühnereiweiß gegenüber nicht gleich verhalten. Es erschien interessant, einen solchen Vergleich auch bezüglich anderer Eiweißarten durchzuführen. Zu diesem Zwecke wurden Hecht- und Hundefusion nach Ausgleich ihrer fibrinverdauenden Kraft bezüglich ihrer Wirkung auf Casein, Edestin und Elastin verglichen.

VII. Verhalten zum Casein. In eine Reihe von Kölbchen wurden je 10 ccm einer Lösung von Casein in  $n/20$ -HCl (die Lösung 1 : 1000 nach Groß hergestellt) und je 1,0, 0,35 und 0,1 ccm der zu vergleichenden Infusionen gefüllt; nach zehnstündigem Digerieren bei 15° C. in jedes der Kölbchen 1,0 ccm einer gesättigten Natriumacetatlösung gebracht. Die Kölbchen mit 1,0 ccm blieben fast durchsichtig, die zweiten gaben eine schwache, die dritten eine scharf ausgeprägte Trübung. Obwohl dieses Verfahren nicht besonders präzise ist, so kann man doch in Anbetracht dessen, daß bei der Wiederholung des Versuches analoge Resultate erhalten wurden, schließen, daß auf die gleiche Verdauungskraft gegenüber Fibrin gebrachte Hecht- und Hundefusionen mit fast gleicher Kraft auf Casein wirken.

VIII. Verhalten zum Edestin. (Verfahren von Fuld und Hirayama.) In eine Reihe von Reagenzgläsern wurden

je 1,0 ccm der 2, 4, 8 usw. mal verdünnten Infusion und je 2,0 ccm einer Lösung von 1,0 g Edestin in 1000 ccm  $n_{20}$ -HCl gebracht; nach halbstündigem Digerieren bei 16° C. wurden zu dem Inhalt aller Gläschen je 8 Tropfen gesättigter Kochsalzlösung hinzugesetzt; in den Reagenzgläschen mit Hechtinfusion blieb die Flüssigkeit bei der 2- und 4maligen Verdünnung, in denen mit der Hundeinfusion — bei einer solchen von 2, 4 und 8 mal ungetrübt. Analoge Verhältnisse erhielt ich bei der Wiederholung desselben Versuches, wobei die Verdauungszeit von 30 Minuten bis zu 1 und 1½ Substanz variierte; die Hechtinfusion, die der fibrinverdauenden Kraft nach der Hundeinfusion gleichkam, verdaute Edestin 2—4mal schwächer als die letztere.

IX. Verhalten zum Elastin. Zu je 10 ccm der zu vergleichenden Infusionen je 1,0 g trockenen entfetteten gemäß den Hinweisen von Abderhalden und Strauch zubereiteten Elastins hinzugesetzt. Die Gemische 1 Stunde lang bei Zimmertemperatur (ca. 16° C.) stehen gelassen und sodann filtriert. Zu je 1 ccm jedes Filtrats je 2 ccm einer 30%igen NaOH-Lösung und aus einer Bürette 1%ige  $\text{CuSO}_4$ -Lösung hinzugefügt. Das Filtrat der Hundeinfusion ergab eine deutliche Biuretreaktion und erforderte 2,5 ccm  $\text{CuSO}_4$  zur Vernichtung der violetten Färbung, während das Filtrat der Hechtinfusion nach Zusatz der ersten  $\text{CuSO}_4$ -Tropfen eine sehr schwach violette Färbung zeigte, die auf Zusatz von einigen weiteren Tropfen schnell verschwand.

X. Derselbe Versuch. Die Infusionen wurden 9 Stunden lang bei 15° C. mit Elastin stehen gelassen, sodann filtriert ( $F_1$ ), das Elastin gut mit Wasser ausgewaschen und im Laufe von 6 Stunden bei 15° C. mit 5 ccm Wasser digerierte; auch diese zweite Infusion wurde filtriert ( $F_2$ ). Die ersten Filtrate ( $F_1$ ) wurden mit den entsprechenden ursprünglichen Infusionen (Kontr.) auf die gleiche fibrinverdauende Kraft gebracht, wobei die erhaltenen Gemische zur Abschwächung der hemmenden Wirkung der Albumosen noch 4 mal mit  $n_{20}$ -HCl verdünnt wurden.

	Biuretreaktion (1% CuSO <sub>4</sub> in ccm)		Relative Größe der Verdauungskraft, gemessen an Karmin-Fibrin		Menge des adsorbierten Pepsins
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Kontrolle	F <sub>1</sub>	
Hecht .	2,0	sehr schwach	2	: 1	ca. $\frac{1}{2}$
Hund .	11,5	5,0—6,0	16	: 1	» $\frac{15}{16}$

Ein analoges Resultat gab ein anderer Versuch mit schwächeren (5mal verdünnten) Infusionen.

Folglich verdaut das Hechtpepsin im Vergleich zu dem des Hundes Elastin sehr schwach und wird vom letzteren in viel geringerem Maße adsorbiert als das Hundepepsin.

Auf Grund aller angeführten Versuche läßt sich schließen, daß sich das Hechtpepsin vom Hundepepsin nicht nur durch seine geringe Widerstandskraft gegenüber der zerstörenden Wirkung der Erwärmung im Brutschrank, sondern auch durch ein ungleiches Verhalten zu den verschiedenen Eiweißarten auszeichnet. Dasselbe verdaut Fibrin, Serumeiweiß und Casein gut, zeigt aber im Vergleich zum Hundepepsin eine geringere verdauende Kraft dem Edestin und eine noch geringere dem Hühnereiweiß und Elastin gegenüber.

#### B. Verhalten zur Acidität des Reaktionsmediums.

In der Literatur sind bereits Hinweise darauf vorhanden, daß sich die Pepsine verschiedener Tiere verschiedenen Säuren und deren Gehalt in der Lösung gegenüber nicht gleich verhalten. So z. B. hat Wroblewski gefunden, daß die Pepsine des Kindes, des Hundes und des Schweines sich verschiedenen Säuren gegenüber verschieden verhalten. Sawitsch hat vor kurzem nachgewiesen, daß sich das Hundepepsin von dem der Wiederkäuer durch eine geringere Empfindlichkeit gegenüber der zerstörenden Wirkung der HCl beim Erwärmen im Brutschrank auszeichnet. Bezüglich des Fischpepsins ist eine Reihe von Beobachtungen (Richey, Richey und Mourrut, Weinland, Yung, van Herwerden u. a.) vorhanden, die

fast ausschließlich die Haifische und Rochen und andere Seelachier betreffen; diesen Beobachtungen zufolge enthält der Magensaft dieser Fische viel mehr Säure, als die Säfte der Warmblüter, und bewahrt seine Verdauungskraft bei einer so hohen Acidität (2,0—2,5% HCl), bei der die Warmblütersäfte sich als nicht mehr wirksam erweisen. Was nun das Hechtpepsin anbelangt, so hat, worauf bereits oben hingewiesen wurde, Hammarsten gezeigt, daß dasselbe bei Erwärmung im Brutschrank sogar bei Gegenwart von nur 0,2% HCl verhältnismäßig leicht zerstört wird.

Zur Aufklärung der Einwirkung der HCl-Menge auf die Verdauungskraft des Hecht- und Hundepepsins wurden folgende Versuche angestellt.

XI. Verdauungskraft nach Mett (in mm) bei verschiedener Acidität im Laufe von 24 Stunden bei 15—16° C. Die Infusionen wie oben auf die gleiche fibrinverdauende Kraft gebracht.

Acidität .	n/60-HCl		n/20-HCl		n/7-HCl	
	Serum	Hühnereiweiß	Serum	Hühnereiweiß	Serum	Hühnereiweiß
Hecht . .	7,0	0	9,0	0	5,0	0
Hund . .	3,2	ca. 0,1	6,7	1,0	4,4	0,2

Für beide Infusionen lag das Verdauungsoptimum bei n/20-HCl. Die Verminderung der Acidität auf n/60-HCl setzte die Kraft der Hechtinfusion weniger als um 2mal ( $9^2 : 7^2 = 81 : 49$ ), die der Hundefusion mehr als um 4mal ( $45 : 10,1$ ) herab. Die Erhöhung der Acidität auf n/7 hemmt hingegen die Wirkung der Hechtinfusion in etwas höherem Grade als die der Hundefusion. Auf Hühnereiweiß blieb die Hechtinfusion, wie in den vorgehenden Versuchen, fast unwirksam.

XII. Der gleiche Versuch. Serumeiweißverdauung nach Mett bei einer Acidität von n/20- und n/5-HCl im Laufe von 18 Stunden bei 15—16° C.

Acidität	n/20-HCl	n/5-HCl
Hecht . . . . .	6,0	1,3
Hund . . . . .	4,0	2,0

In diesem Versuch tritt der Unterschied zwischen der Hecht- und Hundefusion noch schärfer hervor. Bei der Erhöhung der Acidität vermindert sich die Verdauungskraft der Hechtinfusion um ca. 20mal, die der Hundefusion nur um 4mal, weshalb die erstere, die bei  $n_{/20}$ -HCl von stärkerer Wirkung war als die letztere, sich bei der Acidität  $n_{/5}$ -HCl als bedeutend schwächer erwies. Bei einem Kontrollversuch mit den wieder auf die gleiche Acidität ( $n_{/20}$ -HCl) gebrachten Infusionen erwies sich, daß die Hechtinfusion nach 18stündigem Stehen mit  $n_{/5}$ -HCl nur um etwas weniger als 2mal abgeschwächt war; folglich war in diesem Versuche eine gewisse Zerstörung des Fermentes erfolgt; dieselbe war jedoch so geringfügig, daß sich die Verminderung der Verdauungskraft um 20mal hierdurch allein nicht erklären ließ.

Um die Verdauungszeit möglichst abzukürzen und dadurch die Zerstörung des Ferments auf ein Minimum herabzusetzen, habe ich analoge Versuche mit Edestin und Fibrin angestellt.

XIII. Dasselbe wie in Versuch VIII, wobei die Infusionen und die Edestinlösung in dem einem Falle die Acidität  $n_{/40}$ -HCl, in dem anderen eine solche von  $n_{/5}$ -HCl aufwiesen bei in beiden Fällen vollkommen gleichen Verdünnungsstufen. Nach 30 Minuten währendem Digerieren bei  $16^{\circ}$  C. erwies sich, daß die Hechtinfusion bei  $n_{/40}$  eine um 4mal und bei  $n_{/5}$ -HCl eine um 8mal geringere Verdauungskraft besitzt als die Hundefusion. Ein Kontrollversuch mit Karmin-Fibrin zeigte, daß während dieses Zeitraumes keinerlei Zerstörung der Fermente erfolgt war.

XIV. In zwei Reihen Reagenzgläschen von gleichem Durchmesser je 5 ccm HCl von verschiedener Acidität —  $n_{/5}$ ,  $n_{/10}$ ,  $n_{/20}$ ,  $n_{/40}$ ,  $n_{/80}$  — gefüllt, sodann in die Reagenzgläschen der einen Reihe je 1,0 ccm Hechtinfusion, in die der anderen je die gleiche Menge Hundefusion getan; in alle Gläschen gleiche Mengen Karmin-Fibrin gebracht. Nach einigen Minuten erwiesen sich die mittleren Reagenzgläschen gleich stark gefärbt, während die äußeren einen beträchtlichen Unterschied in der Färbung aufwiesen: die Hechtinfusion ergab bei  $n_{/80}$ -HCl fast die gleiche Färbung wie bei  $n_{/40}$  und  $n_{/20}$ , färbte sich aber bei  $n_{/5}$  fast gar nicht; hingegen färbte sich die Hundefusion bei

$n/5$ -HCl gut und gab bei  $n/80$ -HCl keine Färbung. Die angestellten Kontrollversuche zeigten, daß in diesem Falle nicht die geringste Zerstörung des Hechtpepsins bei  $n/5$ -HCl erfolgt war.

Diese Versuche führen zu der Schlußfolgerung, daß das Hechtpepsin im Vergleich zum Hundepepsin für die Wirkung bei einer niedrigeren Acidität angepaßt ist.

Wir haben oben (Vers. IX und X) gesehen, daß das Hechtpepsin bei  $n/20$ -HCl Elastin verdaut und von letzterem in geringem Grade adsorbiert wird. Nun war es interessant, klarzustellen, wie sich denn dasselbe Pepsin bei einer geringeren Acidität dem Elastin gegenüber verhält.

XV. Die in Vers. X benutzte Hechtinfusion 5 mal mit Wasser verdünnt, was die Acidität  $n/100$  ergab. Nach 9stündigem Stehen mit Elastin bei  $15^{\circ}$  C. (dieser Versuch wurde parallel zu Vers. X durchgeführt) abfiltriert. Bei Vergleich der ursprünglichen (Kontroll-)Infusion mit dem Filtrat erwies sich, daß das letztere 6—7 mal weniger Pepsin enthielt als die Kontrollösung; folglich wird das Hechtpepsin bei der Acidität  $n/100$ -HCl vom Elastin in bedeutend höherem Grade adsorbiert als bei  $n/20$ -HCl.

XVI. Eine starke Hechtmageninfusion ( $n/20$ -HCl) in 2 Portionen geteilt. Die eine (A) 10 mal mit Wasser ( $n/200$ ), die andere (B) ebensoviel mal mit  $n/20$ -HCl verdünnt ( $n/20$ ); beide Portionen wurden 8 Stunden mit Elastin bei  $16^{\circ}$  C. stehen gelassen und sodann filtriert. Die Vergleichung der Filtrate mit den ursprünglichen Lösungen zeigte, daß A mehr als  $7/8$ , B nur ungefähr die Hälfte seiner Verdauungskraft eingebüßt hatte. Das gut ausgewaschene Elastin  $1/2$  Stunde mit 5 ccm  $n/20$ -HCl bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Die hiernach erhaltenen (zweiten) Filtrate wurden auf die gleiche Verdauungskraft dem Karmin-Fibrin gegenüber gebracht; das Filtrat A gab nach 15 Minuten eine scharf ausgeprägte, das Filtrat B fast gar keine Färbung. Folglich wird das Hechtpepsin bei sehr niedriger Acidität ( $n/100$ — $n/200$ -HCl) viel besser vom Elastin adsorbiert als bei  $n/20$ -HCl — der gewöhnlichen Acidität der künstlichen Verdauungsversuche. In dieser Hinsicht weist das Hechtpepsin eine

beträchtliche Ähnlichkeit mit dem Chymosin der Kalbsinfusion auf.<sup>1)</sup>

Diese Fähigkeit des Hechtpepsins, bei verhältnismäßig geringer Acidität des Reaktionsmediums zu wirken, tritt auch in den hier folgenden Koagulationsversuchen hervor.

XVII. Hecht-, Hunde- und Kalbsmageninfusion ( $n_{20}$ -HCl) durch entsprechende Verdünnung mit  $n_{20}$ -HCl auf die gleiche milchkoagulierende Kraft (ca. 70'' bei Zusatz von 0,5 ccm saurer Lösung zu 5 ccm Milch bei 40° C.) gebracht. Die Abnahme der Acidität der Milch infolge von Zusatz von 0,25 ccm  $n_{10}$ -NaOH zu 5 ccm Milch wirkte in folgender Weise auf die milchkoagulierende Kraft dieser 3 Infusionen:

Hecht ohne NaOH koag. in 70'',	mit NaOH koag. in 210''
Hund » » » » 70'',	» » » » 1200'' (= 20')
Kalb » » » » 67'',	» » » » 160''

Derartige Versuche wurden vielfach und stets mit dem gleichen Resultat angestellt; die Abnahme der Acidität der Milch übte auf das Ferment der Hechtinfusion eine in geringerem Grade hemmende Wirkung aus, als auf das Hundepepsin und eine etwas größere, als auf das Chymosin der Kalbsinfusion. Diese geringe Empfindlichkeit des Hechtpepsins gegenüber der Abnahme der Acidität des Reaktionsmediums, die dasselbe in dieser Hinsicht dem Chymosin an die Seite stellt, gab seinerzeit Bang Anlaß, das Vorhandensein von echtem Chymosin im Hechtmagen zu vermuten. Ganz abgesehen davon, daß eine derartige Annahme vom allgemein biologischen Standpunkt als nicht gerechtfertigt erscheint, muß dieselbe noch deshalb als unbegründet bezeichnet werden, weil 1. die Hechtmageninfusion die gleiche Eigenschaft auch bei der Verdauung von anderen Eiweißstoffen (Fibrin, Serumeiweiß, Edestin) zeigt und sich hier also derjenige Parallelismus zwischen milchkoagulierender und eiweißverdauender Wirkung äußert, der eins der wichtigsten Argumente der Identitätstheorie ausmacht und weil 2. beide Wirkungen in der Hechtinfusion untrennbar miteinander verbunden sind; sogar ein so über-

<sup>1)</sup> Vgl. Diese Zeitschrift, Bd. 84, S. 338—340.

zeugter Anhänger der Dualität, wie Hammarsten (11) gibt an, daß bei der Erwärmung der Hechtinfusion im Brutschrank beide Wirkungen gleichzeitig erlöschen<sup>1)</sup>.

Somit gelangen wir auf Grund der Vergleichung der Hecht- und Hundefusion zu der Schlußfolgerung, daß sich die Pepsine dieser Tiere voneinander auch durch ihr ungleiches Verhalten zu den Bedingungen des Reaktionsmediums unterscheiden. Das Hechtpepsin ist für die Wirkung bei niedriger Acidität angepaßt und ist in dieser Hinsicht scharf von dem der Haifische und anderer Selachier unterschieden. Daher ist anzunehmen, daß der Magensaft des Hechtes im Gegensatz zu dem der Selachier eine nur sehr geringe Acidität besitzt.<sup>2)</sup>

### C. Einfluß der Temperatur.

Mit der Erhöhung der Temperatur nimmt die Geschwindigkeit der fermentativen, wie auch jeder anderen Reaktion zu. Das beweist ein einfacher Versuch mit Karmin-Fibrin: bei Zimmertemperatur gibt sowohl die Hunde- als auch die Hechtinfusion die Färbung früher als bei 0°, und im Brutschrank früher als bei Zimmertemperatur. Gleichzeitig wird aber auch eine andere Reaktion — die Zerstörung des Ferments beschleunigt. Somit sind an der Einwirkung der Temperatur auf die Fermentreaktionen zwei Faktoren beteiligt: a) die direkte Beschleunigung der Reaktion und b) die Verlangsamung der Reaktion infolge der allmählichen Inaktivierung des Ferments, die schließlich zu völliger Zerstörung des letzteren führt.

Unzweifelhaft wirkt der zweite Faktor — die Inaktivierung mit dem Temperaturanstieg — nicht in gleicher Weise

<sup>1)</sup> Die Methoden, mit deren Hilfe es mir gelang, die Selbständigkeit des Chymosins der Kalbsmageninfusion festzustellen, versagten bei Anwendung auf die Hechtinfusion. Diese Versuche habe ich ausführlich in russischer Sprache beschrieben (Untersuchungen zur Frage von der Identität des Pepsins und Chymosins. Diss., Kiew, 1912, S. 147—153).

<sup>2)</sup> Diese Annahme stimmt mit den Daten von Richet (25) überein, der angibt, daß der Mageninhalt des Hechtes im Vergleich zu dem der Haifische eine viel geringere Acidität (ca. 0,6% auf HCl berechnet) besitzt (S. 242).

auf das Pepsin des Hechtes und des Hundes. Pawlow und Parastschuk haben bei langandauernder Erwärmung von Hundemagensaft im Brutschrank ein sehr langsames Erlöschen seiner fermentativen Kraft beobachtet, die sogar nach  $1\frac{1}{2}$  Monaten noch nicht völlig zerstört war. Andererseits hat Hammarsten gefunden, daß, wie bereits oben erwähnt wurde, das Hechtpepsin bei der Erwärmung in einem sauren Reaktionsmedium sehr schnell (in einigen Stunden) zerstört wird. Solch ein verschiedenes Verhalten des Hecht- und Hundepepsins der zerstörenden Wirkung der Erwärmung gegenüber tritt in den folgenden Versuchen scharf hervor.

XVIII. Hecht- und Hundenmageninfusion ( $n/20$ -HCl) bei gleichem Gehalt an Albumosen und anderen Beimengungen bei Zimmertemperatur auf die gleiche fibrinverdauende Kraft gebracht und bei  $39^{\circ}$  C. auf verschieden lange Zeit in den Brutschrank gestellt. Die Messung der Verdauungskraft mit Hilfe von Karmin-Fibrin nach der oben beschriebenen Verdünnungsmethode ergab für die verschieden lange Zeit erwärmten Portionen ungefähr die folgenden relativen Werte:

	Dauer der Erwärmung in Stunden						
	0	1	2	3	6	10	20
Hecht . . .	100	ca. 100	50	20—17	9—7	5—3	0
Hund . . .	ca. 100 in allen Portionen						

XIX. Wässerige Extrakte von Hecht- und Hundemagenschleimhaut (in Gegenwart von geringen Mengen Calciumcarbonat) wurden filtriert und in mehrere Portionen geteilt, von denen die ersten mit Wasser, die folgenden jedoch mit Wasser und HCl, und zwar in solchen Proportionen verdünnt wurden, daß der HCl-Gehalt  $n/80$ ,  $n/20$  und  $n/7$  entsprach. Jede Portion in 2 Teile geteilt, der eine 3 Stunden im Brutschrank stehen gelassen, der andere kalt aufbewahrt. Nun ergab, nachdem alle Portionen auf  $n/20$ -HCl gebracht worden, die Messung der Verdauungskraft an Karmin-Fibrin die folgenden relativen Werte (die Kraft der nicht erwärmten Infusionen mit 100 angenommen):

	Neutral	$n_{/50}$ -HCl	$n_{/30}$ -HCl	$n_{/7}$ -HCl
Hecht . . . . .	100	ca. 100	ca. 50	0
Hund . . . . .	ca. 100 in allen Portionen			

Diese beiden Versuche bestätigen die Hammarstensche Beobachtung. Bei der Erwärmung in einem sauren Medium wird die Hechtinfusion partiell oder total in so kurzer Zeit (in einigen Stunden) inaktiviert, während welcher die den gleichen Bedingungen ausgesetzte Hundefusion keinerlei merkliche Veränderungen erleidet. Je höher die Acidität, desto stärker ist die zerstörende Wirkung der Erwärmung auf die Hechtinfusion; bei der Acidität von  $n_{/7}$  war die letztere nach 3 stündigem Erwärmen bereits völlig unwirksam, während die neutrale Infusion sogar nach weiterem 20 stündigem Stehen im Brutschrank und sodann erfolgter Ansäuerung sich als ebenso stark erwies, wie die nicht erwärmte.

In diesem verschiedenen Verhalten zu der zerstörenden Wirkung der Erwärmung kommt das Nichtangepaßtsein des Hechtpepsins an eine für dieses Tier ungewöhnliche Temperatur, oder besser — die Anpassung des Warmblüterpepsins an die Existenz bei Körpertemperatur zum Ausdruck.

Wie verhalten sich denn nun die hier verglichenen Fermente dem ersten Faktor — der beschleunigenden Wirkung des Temperaturanstiegs auf die fermentative Reaktion selbst (d. h. in unserem Falle — auf die Reaktion der Eiweißhydrolyse) gegenüber? Die experimentelle Lösung dieser Frage ist nur unter der Bedingung möglich, wenn der Einfluß des zweiten Faktors völlig ausgeschlossen oder auf ein Minimum herabgesetzt ist, d. h. wenn infolge der entsprechenden Versuchsanordnung das Ferment seine Wirkung äußern konnte, bevor es infolge der eintretenden Inaktivierung eine merkliche Abschwächung seiner Kraft erfährt. Angesichts dieser Erwägungen wurden für die folgenden Versuche die empfindlichsten Substrate — Serum, Edestin und Karmin-Fibrin — benutzt und die Versuche bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen durchgeführt. Außerdem wurden stets gleichzeitige Kontrollversuche

auf die Inaktivierung des Ferments vorgenommen, die in der Vergleichung der bei bestimmter Temperatur erwärmten Infusion mit der bei 0° aufbewahrten bestanden.

XX. Serumeiweißverdauung nach Mett. Die Infusionen wie oben auf die gleiche fibrinverdauende Kraft gebracht. Acidität  $n_{/20}$ -HCl.

	Bei 20° C. 18 Stunden	Bei 0° C.	
		18 Stunden	48 Stunden
Hecht . . . . .	4,5 mm	ca. 0,5 mm	3,1 mm
Hund . . . . .	5,0 „	„ 0,5 „	2,5 „

Bei 20° verdaut die Hechtinfusion etwas schwächer als die Hundefusion, bei 0° erfolgt die umgekehrte Erscheinung. Dieser Unterschied in der Wirkung läßt sich nicht durch die Inaktivierung des Hechtpepsins während des Digerierens bei 20° erklären, da der Kontrollversuch mit Karmin-Fibrin zeigte, daß die Hechtinfusion nach 18stündigem Stehen bei 20° C. ihre Kraft nicht merklich geändert hatte.

XXI. Verdauung von Edestin (vgl. Vers. VIII und XIII) bei  $n_{/20}$ -HCl. Die Infusionen auf die gleiche fibrinverdauende Kraft gebracht. Edestinverdauung im Laufe von 1 St. 40 Min. bei 18° C. und bei 0°. Die Resultate sind auf folgender Tabelle dargestellt (mit + sind die Verdünnungen, bei welchen die Portionen nach dem Zusatz von NaCl-Lösung ungetrübt blieben, bezeichnet).

Verdünnungsgrad		2-	4-	8-	16-	32-	64-	128-mal
Bei 18° C.	Hecht	+	+	+	+	-	-	-
	Hund	+	+	+	+	+	+	-
Bei 0° C.	Hecht	+	+	-	-	-	-	-
	Hund	+	+	+	-	-	-	-

Die Hechtinfusion verdaut Edestin bei 18° C. um 4mal, bei 0° nur um 2mal schwächer als die Hundefusion. Dieser Unterschied läßt sich nicht durch eine partielle Inaktivierung des Hechtpepsins erklären, da durch Kontrollversuche festgestellt wurde, daß die Verdauungskraft der Hechtinfusion im Laufe von 1 St. 40 Min. bei Zimmertemperatur keine merkliche Veränderung erfahren hatte.

XXII. Fibrinverdauung. Die Infusionen auf die gleiche fibrinverdauende Kraft bei Zimmertemperatur gebracht und sodann nach ihrer Wirkung bei 0° verglichen; im letzteren Falle (bei 0°) ergab die Hechtinfusion eine intensivere Färbung als die Hundefusion. Die Ergebnisse der Vergleichung der fibrinverdauenden Kraft bei verschiedener Temperatur sind auf der untenstehenden Tabelle verzeichnet, wobei diejenigen Portionen, die nach dem gleichen Zeitraum (30 Min.) den gleichen Farbenton ergaben, durch das gleiche Zeichen kenntlich gemacht sind.

Verdünnungsgrad		1-	2-	4-	8-	16-	32-mal
Bei 18° C.	Hecht			+++	++	+	—
	Hund			+++	++	+	—
Bei 0° C.	Hecht	+++	++	+	—	—	—
	Hund	++	+	—	—	—	—

Die Hechtinfusion, die bei Zimmertemperatur ihrer Verdauungskraft nach der Hundefusion gleichkam, erwies sich bei 0° als um zweimal stärker wirkend. Somit ergibt sich in diesem Versuche, ebenso wie in den beiden vorhergehenden, ein neuer Unterschied zwischen den beiden verglichenen Infusionen, und zwar das ungleiche Verhalten gegenüber dem ersten Faktor — der Beschleunigung des fermentativen Prozesses mit der Temperaturerhöhung. Wenn mit der Temperaturerniedrigung die Wirkung des Hechtpepsins in geringerem Grade gehemmt wird, als die des Hundepepsins, so sind wir auch zu der umgekehrten Schlußfolgerung berechtigt, daß mit der Temperaturerhöhung die Geschwindigkeit der durch das Hechtpepsin bewirkten Reaktion in geringerem Grade erhöht wird. Folglich hat der Geschwindigkeitsquotient<sup>1)</sup> in den Grenzen 0° bis 20° C. einen

<sup>1)</sup> Gemäß der empirisch von van't Hoff gefundenen Regel wächst die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion mit einem Temperaturanstieg von 10° C. um das 2—3fache. Diese Regel erwies sich auch auf die fermentativen Prozesse anwendbar, aber natürlich nur in solchen Temperaturgrenzen, in denen keine Schädigung des Fermentes selbst erfolgt. Verschiedene Autoren haben für die verschiedenen Fermente

beträchtlich größeren Wert für das Hundepepsin als für das Hechtpepsin.

### Schlußfolgerungen.

Die Pepsine des Hechtes und des Hundes sind nicht identisch. Das Hechtpepsin unterscheidet sich von dem des Hundes durch eine ganze Reihe von Eigentümlichkeiten, die sich in folgendem äußern:

1. Im Verhalten den verschiedenen Eiweißarten gegenüber. Das Hechtpepsin verdaut gut Fibrin, Serumweiß und Casein, entfaltet aber im Vergleich zum Hundepepsin eine geringere Verdauungskraft dem Edestin und eine noch geringere dem Hühnereiweiß und dem Elastin gegenüber.

2. Im Verhalten zur Acidität des Reaktionsmediums. Das Hechtpepsin ist für die Wirkung bei einer niedrigeren Acidität angepaßt, und diese seine Eigenschaft äußert sich sowohl in seiner eiweißverdauenden und milchkoagulierenden Wirkung, als auch bei der Adsorption durch Elastin.

3. Im Verhalten zur Temperatur des Reaktionsmediums.

a) Das Hechtpepsin ist im Vergleich zum Hundepepsin der zerstörenden Einwirkung der Erwärmung in einem sauren Reaktionsmedium gegenüber sehr wenig widerstandsfähig.

b) Der Geschwindigkeitsquotient ist (in den Grenzen 0—20° C.) für das Hechtpepsin niedriger als für das Hundepepsin, weshalb eine Temperaturerniedrigung bis 0° auf das Hechtpepsin eine in geringerem Grade hemmende Wirkung ausübt, als auf das

---

(Invertin, Emulsin, Lipase u. a.) den Wert des Geschwindigkeitsquotienten ( $Q_{10}$ ) im Mittel mit ca. 1,5—3,0 und ausnahmsweise mit 5,0 und etwas mehr angegeben. (Vgl. Cohen, S. 51, Bayliss, S. 55, Euler, S. 329.) Speziell für das Pepsin hat Herzog unter Benutzung der Mettschen Methode für  $Q_{10}$  den Wert 2,28 in den Grenzen 19—29° C. erhalten (S. 190).

Hundepepsin, während eine Temperaturerhöhung im umgekehrten Sinne wirkt.

In biologischer Hinsicht erscheint der an letzter Stelle aufgeführte Unterschied und zwar das Verhalten zur Temperatur von besonderer Bedeutung, da sich hier ein Ökologismus, ein Angepaßtsein der Pepsine an die Existenz und Arbeit bei den Körpertemperaturen der hier verglichenen Tierarten offenbart.

Diese Schlußfolgerungen führen zu einer Reihe von neuen Fragen — sowohl hinsichtlich der Eigenschaften der übrigen Verdauungsfermente derselben Tierarten (Hecht und Hund), als auch hinsichtlich der Pepsine und übrigen Verdauungsfermente anderer Kalt- und Warmblüter. Diesbezügliche Forschungen sind gegenwärtig in unserem Laboratorium im Gange; einige von ihnen sind bereits abgeschlossen und sollen in allernächster Zeit veröffentlicht werden.

#### Literatur.

1. Abderhalden u. Strauch, Diese Zeitschrift, Bd. 71 (1911), S. 320.
2. Bang, I. Über Parachymosin. Pflügers Arch., Bd. 79 (1900), S. 425.
3. Bayliss, Das Wesen der Enzymwirkung. Dresden 1910.
4. Biedermann, Die Aufnahme, Verarbeitung und Assimilation der Nahrung. Wintersteins Handb. d. vergl. Physiol., 2. Bd., 1 Hälfte, S. 1088—1115.
5. Cohen, E., Vorträge f. Ärzte über physik. Chemie, 1907.
6. Euler, H., Allgemeine Chemie d. Enzyme. Ergebn. d. Physiol., Bd. 9 (1910), S. 329.
7. Fick u. Murisier, Über das Magenferment kaltblütiger Tiere. Malys Jahresber., Bd. 3 (1874), S. 162.
8. Fuld und Hirayama, Berl. klin. Woch., Bd. 47 (1910), S. 1062.
9. Gross, Ibid., Bd. 45 (1908), S. 693.
10. Hammarsten, Zur Frage nach der Identität der Pepsin- und Chymosinwirkung. Diese Zeitschrift, Bd. 56 (1908), S. 47.
11. — — Bidrag till kannedomen om enzymen i magslemhinna. Hygiea Festband. Stockholm 1908, Bd. 1, S. 1—19.
12. van Herwerden, Zur Magenverdauung der Fische. Diese Zeitschrift, Bd. 56 (1908), S. 453.
13. Herzog, Chemisches Geschehen im Organismus. Zeitschr. für allg. Physiol., Bd. 4 (1904), S. 190.

14. Hoppe-Seyler, F. Über Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer und niederer Tiere. Pflügers Arch., Bd. 14 (1877), S. 395.
  15. Klug, Untersuch. über Pepsinverdauung. Ibid., Bd. 60 (1895), S. 64.
  16. Krukenberg, Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung. Untersuchungen a. d. physiol. Inst. d. Universität Heidelberg, Bd. 1 (1878), S. 331.
  17. — — Zur Verdauung bei Fischen. Ibid., Bd. 2 (1882), S. 387.
  18. — — Notizen zur Literatur. Ibid., Bd. 2, S. 421.
  19. Luchhau, Über die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaug.-Diss., Königsberg 1878, S. 12—16.
  20. Milne Edwards, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. 7 (1862), p. 44.
  21. Neumeister, Lehrbuch d. physiol. Chemie, Jena, 1897, S. 151.
  22. Oguro, Bioch. Zeitschr., Bd. 22 (1909), S. 278.
  23. Pawlow u. Parastschuk, Diese Zeitschrift, Bd. 42 (1904), S. 415.
  24. Polimanti, Bioch. Zeitschr., Bd. 38 (1912), S. 113.
  25. Richet, Les propriétés du suc gastrique. Journ. d'anat. et physiol. Bd. 14 (1878), S. 170.
  26. Richet et Mourrut, De quelques faits relatifs à la digestion gastrique des poissons. C. R. Bd. 90 (1880), S. 879.
  27. Riassenzew, Wojenno-Medicinskij Journal, Bd. 90 (1881), S. 259 (russisch).
  28. Sawitsch, Diese Zeitschrift, Bd. 68 (1910), S. 12.
  29. Stscherbakow, Berichte d. kais. Univ. in Kasan, Bd. 40 (1878), S. 714 (russisch).
  30. Sellier, Ref. in Hermanns Jahresber., Bd. 9 (1901), S. 204.
  31. Starkenstein, Biochem. Zeitschr., Bd. 47 (1912), S. 300.
  32. Sullivan, Ref. in Hermanns Jahresber., Bd. 14 (1906), S. 243.
  33. Tammann, Diese Zeitschrift, Bd. 16 (1892), S. 271.
  34. Weinland, Zur Magenverdauung der Haifische. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 41 (1901), S. 285.
  35. Wroblewski, Zur Kenntnis des Pepsins. Diese Zeitschrift, Bd. 21 (1895), S. 1.
  36. Yung, E., Recherches sur la digestion des poissons. Arch. de Zool. expér. Ser. 3, T. 7 (1899), p. 121.
-