

Zum Chemismus der Verdauung im tierischen Körper.

XXII. Mitteilung.

Verdauung und Resorption der Kohlenhydrate im Magendarmkanal des Hundes.

Von

E. S. London und W. W. Polowzowa.

(Der Redaktion zugegangen am 13. Juli 1908.)

I. Methodik.

Seinerzeit haben wir eine Reihe von Untersuchungen über Verdauung und Resorption der Kohlenhydrate im Magendarmkanal des Hundes veröffentlicht,¹⁾ wobei wir dieselben unseren Verdauungshunden in Form von Weißbrot darreichten und deren Schicksal auf verschiedenen Etappen des Verdauungstractus verfolgten. Das Weißbrot wurde trotz seiner komplizierten Zusammensetzung deshalb von uns gewählt, weil die Kohlenhydrate in einer den Hunden gut bekannten und von ihnen gern genossenen Form darin enthalten sind, da es uns von Bedeutung schien, die Verdauungs- resp. Resorptionsprozesse unter möglichst natürlichen Verhältnissen sich abspielen zu lassen. Die Resultate unserer damaligen Untersuchungen bestehen, kurz gefaßt, in folgendem: die Verdauung der Kohlenhydrate setzt schon im Magen ein und besteht hauptsächlich in einem Abbau derselben bis zu Dextrinen. Im Duodenum steigt die Kohlenhydratverdauung auf ihr Maximum (50%), um sich in den distalwärts gelegenen Abschnitten wieder zu vermindern; Jejunum 4%, oberes Ileum 6,3%, unteres Ileum 2%; in der Nähe des Coecums erreicht die Quantität verdauter Kohlenhydrate 96%. Die Resorption erwies sich im Magen als voll-

¹⁾ E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift. Bd. XLIX, Heft 4, 5 und 6, S. 328.

kommen negativ, während sie sich mit ziemlich gleichmäßiger Intensität im gesamten Darm (bis zum Coecum) verteilte: im Duodenum wurde 16%, im Jejunum 20%, im oberen Ileum 30% und im unteren Ileum 25% der Gesamtmenge verfütterter Kohlenhydrate resorbiert; in der Nähe des Coecums betrug die Totalresorption 93—95%.

Die von uns erhaltenen Resultate mit Brotfütterung konnten selbstverständlich nicht als eine definitive Entscheidung der uns interessierenden Frage gelten und zwar sowohl infolge einiger Unvollkommenheiten der damaligen Methodik (Beimengung der duodenalen Verdauungssäfte zu dem aus dem Magen heraustretenden Speisebrei, wodurch ein größerer Verdauungswert trotz aller vorgenommenen Maßnahmen bedingt werden konnte), wie auch dank der komplizierten Zusammensetzung der dargereichten Nahrung, die außer den Kohlenhydraten auch noch Eiweiß, Salze und etwas Fett enthielt, so daß eventuelle Beeinflussung der Kohlenhydratverdauung durch die genannten Beimengungen anderer Nährstoffe nicht ausgeschlossen war.

Es lag nun auf der Hand, die Untersuchungen über Verdauung und Resorption der Kohlenhydrate nach der Richtung weiter zu führen, daß eine neue Versuchsserie angestellt werden sollte, in der sämtliche Verdauungshunde mit einfachen Kohlenhydraten und zwar sowohl mit Stärke und deren Abbauprodukten, wie auch mit Rohrzucker und Dextrose gefüttert und deren Schicksal beim Fortschreiten durch verschiedene Abschnitte des Verdauungstractus verfolgt werden sollten.

Die vorliegende Arbeit, welche die Resultate von 62 mit der Polyfistelmethode ausgeführten Versuchen umfaßt, ist dazu bestimmt, in die Frage über die Verdauung resp. Resorption der Kohlenhydrate etwas mehr Licht zu bringen, mit besonderer Berücksichtigung der Resorptionsverhältnisse für dieselben im Magen.

Als Versuchstiere dienten uns folgende Verdauungshunde:

5 Pylorushunde (Ussatij II, Shutschka, Ussatsch, Pudel und Staruschka — die letzteren zwei mit transplan-
tierter ersten Papille — im ganzen 27 Versuche), bei denen die durch eine vertikale Scheidewand in 2 gleiche Teile ge-

teilte Fistelröhre derart angelegt worden ist, daß der Pylorus unmittelbar in deren orale Hälfte zu liegen kommt.

3 Duodenalhunde, von denen zwei (Tschorny Rjabtschik und Läschka — 6 Versuche) je eine Fistel am Ende des Duodenums, ca. 25 cm weit vom Pylorus besitzen, während der dritte (Zigan — 1 Versuch) mit einer zwischen beiden Duodenalpapillen gelegenen Fistel versehen ist.

1 Ileumhund (Zolty Rjabtschik — 12 Versuche) mit einer an der Grenze zwischen dem mittleren und distalen Drittel des Dünndarms angebrachten Fistel.

1 Ileocoecahund (Bjelka — 8 Versuche), bei dem die Fistel einige Zentimeter proximal vom Coecum angelegt ist.

1 Resorptionshund (Shulik — 8 Versuche, dessen proximale Fistel am Ende des Duodenums (wie beim Duodenalhund) und die distale an der Grenze zwischen dem mittleren und distalen Drittel des Dünndarms (wie beim Ileumhund) sich befindet.

Die Methodik der Versuchsanordnung hat gegenüber der erwähnten Arbeit mit Brotfütterung nach zwei Richtungen eine Vervollkommnung erfahren: 1. dank der in den XIII. und XV. Mitteilungen von einem¹⁾ von uns ausführlich beschriebenen Vorrichtung wurde der Zufluß der duodenalen Verdauungssäfte zu dem aus dem Magen durch den Pylorus heraustretenden Speisebrei bei Pylorushunden vollkommen verhindert, wodurch die Produkte der ausschließlichen Magenverdauung, ohne jede Mitwirkung der transpylorischen Säfte der Untersuchung direkt zugänglich gemacht worden sind; 2. in den Injektionen von Produkten der peptischen Verdauung durch das Injektionsrohr in die anale Fistelröhrenöffnung wurde uns ein sicheres Mittel gegeben, sowohl bei Pylorus- wie bei Duodenalhunden die Versuchsdauer beliebig auszudehnen, was für unsere Zwecke von großer Wichtigkeit war. Zur genaueren Orientierung über die Methodik verweisen wir auf die erwähnten Arbeiten.

Der Versuchsgang gestaltete sich in der üblichen Weise:

¹⁾ E. S. London, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, Heft 3, 4 u. 5, S. 246.
E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, Heft 3, 4 und 5, S. 403.

die Hunde hungerten 24 Stunden lang vor dem Versuche; unmittelbar vor der Fütterung wurden die Fisteln geöffnet, gereinigt und auf etwaige Divertikelbildung geprüft; bei Pylorus-, Duodenal- und Resorptionshunden wurde in die anale Fistelhälfte die Ballonvorrichtung eingeschoben und der Ballon aufgeblasen. Nach allen diesen Vorbereitungen wurden die Hunde gefüttert. Da unsere Nährsubstanzen sowohl in gelöstem, wie auch in trockenem Zustand von den meisten Hunden gar nicht gefressen wurden, mußten dieselben entweder mittels einer Magensonde (wenn gelöst) oder mittels eines Löffels künstlich per os eingeführt werden.

Der Speisebrei wurde bei Pylorus- resp. Duodenalhunden in eine große Porzellanschale auf Eis, bei den übrigen Verdauungshunden in einen an die Fistelröhre angebrachten Glaskolben aufgefangen, gewogen, auf eventuellen Säuregehalt geprüft und der Analyse unterworfen. Als Nahrung dienten sowohl Stärke samt deren Abbauprodukten (Erythro- und Amylodextrin), wie auch Rohrzucker, Dextrose und Lävulose. Der aufgefangene Speisebrei wurde, nachdem ein bestimmter Teil davon zur Stickstoffbestimmung entnommen wurde, durch Kochen unter Zusatz von Essigsäure oder mittels tüchtigen Durchschüttelns desselben mit einer abgewogenen Menge Kaolin nach Michaelis und Rona¹⁾ enteweißt. Im Filtrat wurde die Menge sowohl verdauter (Zucker), wie auch unverdaut gebliebener Kohlenhydrate (Stärke, Amylodextrin, Erythroextrin, Rohrzucker) genau bestimmt.

Kontrollbestimmungen wurden von uns in allen Fällen gleichzeitig und unter ganz gleichartigen Bedingungen (Konzentration usw.), wie die Versuchsbestimmungen ausgeführt.

Für die Zuckerbestimmung gebrauchten wir zuerst die gewichtsanalytische Methode von Allihn, dann aber gingen wir zu einer maßanalytischen Methode über, mit der im Pasteurschen Institut im Laboratorium von Prof. Bertrand gearbeitet wird, weil dieselbe durch ihre Einfachheit, rasche Ausführungsweise und vollkommen zuversichtlichen Resultate große Vorteile bietet.

¹⁾ Michaelis und Rona, Biochemische Zeitschrift, Bd. VII.

Das Prinzip dieser Methode besteht, kurz skizziert, in folgendem: Eine genau abgemessene Menge der zu prüfenden Zuckerlösung wird mit einem Überschuß von Fehlingscher Lösung (I. Lösung: CuSO_4 —40,0 g Aq. dest. ad 1000 ccm; II. Lösung: NaOH — 150 g; Seignettesalz 200 g, Aq. dest. ad 1000 ccm) 3 Minuten lang gekocht, durch ein Asbeströhrchen filtriert und der rote Cu_2O -Niederschlag in einer Lösung von Eisensulfat in Schwefelsäure ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 50 g, H_2SO_4 — 200 g, Aq. dest. ad 1000 ccm) gelöst. Dann folgt Titration mit einer Kaliumpermanganatlösung (5,0 g : 1000); die entsprechende Kupfermenge in Milligramm wird durch Multiplikation der verbrauchten Anzahl Kubikzentimeter des Kaliumpermanganats mit einem genau festgestellten Koeffizienten direkt berechnet. Die entsprechende Zuckermenge in Milligramm findet man in speziellen Tabellen. Dextrine, Stärke und Rohrzucker wurden durch Hydrolysieren mit Salzsäure in einfachen Zucker übergeführt und als solcher nach der oben beschriebenen Methode bestimmt. Zur besseren Vergleichung der Resultate haben wir in unseren Tabellen für sämtliche Kohlenhydratarten deren Zuckerwerte genommen.

In jedem einzelnen Versuch wurde der Zuckerwert der zur Fütterung verwendeten Kohlenhydratmenge genau bestimmt.

Der Speisebrei wurde, wie gesagt, auf seinen Stickstoffgehalt geprüft, wodurch eine approximative Abschätzung der Quantität excernierter Verdauungssäfte bei jedem Hunde ermöglicht wurde. Diese Bestimmungen des Stickstoffgehalts haben außerdem noch den Zweck, in die Frage über den Stoffwechsel bei vorzugsweise kohlenhydrathaltiger resp. stickstoffarmer Nahrung einiges Licht zu bringen, indem dieselben einen Beweis dafür liefern, daß dabei ein sozusagen «innerer Stoffwechsel» N-haltiger Substanzen, d. h. Ausscheidung ins Darm-lumen mit nachfolgender Aufsaugung aus demselben stattfindet.

Wir begnügen uns mit diesen allgemeinen methodischen Angaben, da wir auf die weiteren Details bei Besprechung einzelner Verdauungshunde näher eingehen werden.

II. Magenverdauung.

Bei der Untersuchung der Magenverdauung der Kohlenhydrate wurden von uns zwei Hauptziele verfolgt: erstens die Intensität der Verdauung im engeren Sinn, d. h. den Umfang des Abbaues der Kohlenhydrate bei ausschließlicher Wirkung der aus dem Magen stammenden Verdauungssäfte zu erforschen, und zweitens haben wir besonders großes Gewicht darauf gelegt, die allgemein anerkannte Resorption der löslichen Kohlenhydrate im Magen mit Hilfe unserer Polyfistelmethode einer genauen Prüfung zu unterwerfen.

Dementsprechend zerfallen unsere Versuche mit den Pylorus-hunden in zwei Kategorien: einerseits fütterten wir dieselben mit Stärke, Amylodextrin, Erythroextrin und Rohrzucker, um deren eventuelle Spaltung nach möglichst langdauerndem Verweilen im Magen zu untersuchen, zu welchem Zwecke wir durch Injektionen von flüssigen Produkten der peptischen Fleischverdauung ins Duodenum die Magenausscheidung stark verlangsamt; andererseits führten wir eine Reihe von Versuchen mit Traubenzuckerfütterung aus, indem wir den Versuchsgang nach verschiedenen Richtungen modifizierten, um die Resorptionserscheinungen im Magen unter möglichst wechselnden Bedingungen zu erforschen.

Der Versuchsgang gestaltete sich in der oben beschriebenen Weise. Nachdem wir uns überzeugt hatten, daß der Magen des Hundes vollkommen leer ist, führten wir demselben ein abgemessenes Quantum (gewöhnlich 200 ccm) der Versuchslösung mittels einer Magensonde ein unter nachfolgender Spülung der letzteren mit 100 ccm Wasser. Behufs genauerer quantitativer Ausführung der Zuckerbestimmung haben wir es vorgezogen, alle löslichen Kohlenhydratsorten unseren Hunden in Lösung zu geben. Die Versuchslösungen wurden immer durch Methylenblau gefärbt, damit eventuelles Hinüberschleudern derselben analwärts der Fistelscheidewand sofort nach dem Erscheinen der blauen Farbe im Ableitungsrohr erkennbar sei; letzterer Fall ist uns aber in unseren Versuchen nie passiert.

Nach unseren Beobachtungen verlassen Zucker- resp. Dex-

trinflösungen den Magen beim Ausbleiben des Pylorusreflexes binnen 35 Minuten, indem deren Ausscheidung sofort nach der Fütterung einsetzt und rasch in großen Schüssen fortschreitet. Infolgedessen haben wir in den entsprechenden Versuchen unmittelbar vor der Fütterung einige Kubikzentimeter auf 37° erwärmter flüssiger Produkte der künstlichen peptischen Fleischverdauung durch das Injektionsrohr ins Duodenum eingespritzt, um die Magenentleerung von Anfang an in Schranken zu halten. Im weiteren wurden die Injektionen alle 5—15 Minuten wiederholt, je nach der Häufigkeit der Pylorusöffnungen und nach der Größe der einzelnen Schüsse. Die Produkte der peptischen Fleischverdauung wurden aus dem Grunde zu Injektionen ins Duodenum von uns gewählt, weil dieselben den sogenannten «Pylorusreflex» sehr rasch und vollkommen hervorzurufen vermögen und weil deren Wirkung leicht zu regulieren ist, was für unsere Zwecke von besonderem Vorteil war; demgegenüber erschienen die ganz analog mit Pepsinsalzsäure behandelten Kohlenhydrate fast ganz wirkungslos. Die durch das Ableitungsrohr abfließenden, aus der I. Duodenalpapille stammenden Verdauungssäfte wurden in einem Glasgefäß aufgefangen, deren Menge halbstündlich gemessen und deren Stickstoffgehalt bestimmt. Sie wurden an der Luft getrocknet und in trockenem Zustand aufbewahrt zum Zweck einer erschöpfenden (allseitigen) Untersuchung ihres Verdauungsvermögens, die wir in der Kürze für sämtliche Verdauungssäfte sowohl isoliert, wie auch in verschiedenen Kombinationen durchzuführen gedenken.

Nach Sistieren jeder Ausscheidung aus dem Magen wurde derselbe mit Wasser ausgespült, bis das Spülwasser keine Zuckerreaktionen mehr zeigte; es genügte gewöhnlich 2- bis 3malige Spülung mit je 200 ccm Wasser.

Die ausgeschiedene Flüssigkeit wurde gewogen und deren Acidität durch genaue Titration mit $\frac{n}{10}$ -NaOH-Lösung bestimmt. Qualitative Prüfung auf Milchsäure ist überall negativ ausgefallen, während durch Phloroglucivanillin die Anwesenheit freier Salzsäure konstatiert wurde. Die Gewichtsvermehrung variierte in den Grenzen zwischen 76 g und 324 g, die Aci-

ditätsgrade zwischen 45 ccm und 432 ccm n_{10} -HCl. Die beträchtlichen Schwankungen des mit dem Speisebrei ausgeschiedenen Stickstoffs zwischen 0,113 und 0,409 g beruhen allem Anschein nach auf geringerer oder größerer Schleimbeimengung zum Speisebrei: bei konzentrierten Zuckerlösungen schieden sich so große Quantitäten Schleim aus dem Magen aus, daß die entleerte Flüssigkeit fadenziehend aussah.

Die erste Versuchsreihe, welche zur Untersuchung der Kohlenhydratverdauung im Magen von uns angestellt wurde, umfaßt im ganzen 12 Versuche, davon 2 mit Stärke, 3 mit Amylodextrin, 3 mit Erythroextrin und 4 mit Rohrzucker.

A. Stärke (Versuch I) wurde einmal in trockener Form in der Menge von 20 g in Stücken dem Hunde verfüttert. Die großen Stärkebrocken verweilten im Magen während $2\frac{1}{2}$ Stunden und verließen denselben als dicker, weißer, schleimiger Brei, der keine merkliche Quellung zeigte. Im Filtrat waren die qualitativen Reaktionen sowohl auf Zucker (Trommersche Probe), wie auch auf Dextrine (Jod) vollkommen negativ ausgefallen. Die gesamte verfütterte Stärkemenge wurde quantitativ zurückgewonnen, ohne daß die verdauende Wirkung des Magensaftes in irgend welcher Weise zur Geltung gekommen war. Während das Gewicht der aus dem Magen zugeflossenen Verdauungssäfte 108 g betrug, zeigte deren Acidität einen verhältnismäßig sehr geringen Wert von 0,15% HCl, was vielleicht darin seine Erklärung findet, daß trockene Stärke als ein mehr oder weniger indifferenten Körper der Magenverdauung gegenübersteht und deshalb keine rege Magensaftsekretion zur Folge hat; die Gewichtszunahme wird durch reichliche Schleimbeimengung bedingt.

Im Versuch II wurde die Stärke in Form von dünnem, flüssigem Kleister mittels der Magensonde dem Hunde eingeführt. In der I. Tabelle A sind die Resultate beider Versuche zusammengefaßt. Der Hund bekam also diesmal 300 g Stärkekleister mit dem Zuckerwert = 8,30 g; dem Gewichtszuwachs von 114 g entsprach eine Acidität von 207 ccm n_{10} -HCl und ein Stickstoffgehalt von 0,210 g oder, in Prozenten ausgedrückt, enthielten die cispylorischen Verdauungs-

Tabelle I.
Pylorushunde.

Versuchsnummer resp. Name des Hundes	Versuchsdauer in Std. u. Min.	Eingeführte Nahrung	Zuckerwert derselben g	Ausgeschieden			Resorbierte Zucker- menge	Menge der eis- pylorischen Säfte g	Stickstoff- gehalt derselben		Salz- säure- gehalt in %
				Ge- samt- menge g	Acidität in cem $n/10$ -HCl	Zuckerwert Gesamt- menge g			Ver- daut %	in g	
I. Ussatsch	2 30	20 g trockene Stärke	18,50	128	45	18,50	0	108	—	—	0,15
II. Shutschka	3 40	300 „ Stärkekleister	8,30	414	207	8,30	0	114	0,210	0,24	0,66
III. Staruschka	2 20	200 cem Amylodextrin- lösung + 100 cem Wasser	10,17	—	—	10,17	0	—	—	—	—
IV. Shutschka	3 —	„	10,10	413	145	10,10	0	113	0,141	0,13	0,47
V. „	2 15	„	11,38	—	—	11,38	0	—	—	—	—
VI. Pudel . .	2 25	200 cem Erythrodextrin- lösung + 100 cem Wasser	10,35	—	—	10,35	2,14	0	—	—	—
VII. Shutschka	2 30	„	10,30	411	150	10,30	0	111	0,382	0,30	0,49
VIII. „	2 15	„	9,36	375	88	9,36	2,0	76	0,113	0,15	0,43
IX. Ussatij II.	2 —	200 cem Rohrzucker- lösung + 100 cem Wasser	9,57	—	—	9,57	0	0	—	—	—
X. Shutschka	2 10	„	10,56	429	118	10,56	5,0	129	0,191	0,15	0,33
XI. „	2 20	„	9,68	383	70	9,68	6,1	83	0,140	0,17	0,28
XII. „	1 40	200 cem Rohrzuckerlös- g.	106,90	315	109	106,90	2,4	75	0,269	0,25	0,53

säfte 0,24% Stickstoff und 0,66% Salzsäure. Eine Verdauung der Stärke ließ sich auch hier nicht nachweisen, da die entleerte Flüssigkeit keine Spur von Zucker enthielt. Die gesamte verfütterte Stärkemenge wurde quantitativ zurückgewonnen, so daß keine Resorption zustande gekommen war.

Beide Versuche zeigen uns, daß im Hundemagen die Stärke durch ausschließliche Wirkung des Magensaftes nicht gespalten wird. Der Widerspruch dieser Angaben mit den in der VI. Mitteilung¹⁾ (Brotfütterung) dargelegten Versuchsergebnissen an Magen- resp. Pylorushunden beruht auf folgendem: der geringe Zuckergehalt (0,25—2,84%) des Speisebreies beim Magenhund (Woltschok) erklärt sich dadurch, daß bei Brotfütterung im Laufe der Verdauung fortwährend Duodenalsäfte samt den zuckerhaltigen Verdauungsprodukten durch rückläufige Peristaltik in den Magen vom Duodenum aus verschleudert werden, wovon wir uns sehr oft überzeugen konnten; dadurch wird eine Kohlenhydratspaltung im Magen vorgetäuscht, die, wie wir gesehen haben, in der Tat nicht stattfindet. Andererseits ist daran zu erinnern, daß bei unseren früheren Pylorushunden, infolge noch unvollkommener Methodik, die duodenalen Verdauungssäfte (Galle, Pankreassaft und Darmsaft) sich dem Speisebrei noch innerhalb des Darmlumens (die Fistel befand sich ca. 2 cm weit vom Pylorus) in großer Quantität beimengten und auf diese Weise eine gewisse Spaltung der im Brot enthaltenen Stärke bewirkten.

Inwieweit kurzdauernder Kontakt der Kohlenhydrate mit der Duodenalschleimhaut deren Natur zu ändern vermag, ersehen wir aus einem speziellen Versuch mit einem Duodenalhund (Zigan), bei dem die Fistel in der Entfernung von 5 bis 6 cm vom Pylorus, zwischen der ersten und zweiten Duodenalpapille angelegt wurde, also nur ca. 5 cm mehr distalwärts als bei den betreffenden Pylorushunden.

Wir verfütterten demselben (Tabelle III, Versuch VII) 300 g dünnen Stärkekleisters von dem Zuckerwert = 8,30 g. Der Versuch dauerte 4 Stunden 10 Minuten. Der ausgeschiedene

¹⁾ E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. XLIX, H. 4, 5 u. 6, S. 328.

Speisebrei enthielt 38,2% Zucker und der Zuckerwert der gesamten Kohlenhydratmenge entsprach 97,3%; es sind also 2,7% resorbiert worden; der totale Verdauungswert betrug demnach $38,2 + 2,7 = 40,9\%$.

Der bei den Pylorushunden bei Brotfütterung aufgefundene mittlere Verdauungsgrad für Stärke (4,57% Zucker) kann demnach ganz gut in der raschen verdauenden Wirkung der Duodenalsäfte seine Ursache haben.

B. Amylodextrin wurde in sämtlichen Versuchen in Lösung gegeben (ca. 10 g auf 200 ccm Wasser) unter Nachspülung der Magensonde mit 100 ccm Wasser. Wie aus der Tabelle I B ersichtlich, wurde in keinem Fall eine Resorption nachgewiesen, indem die entleerte Flüssigkeit genau denselben Zuckerwert zeigte, wie die eingeführte. Wir konnten auch keine Spur von Zucker in derselben auffinden, was darauf schließen läßt, daß Amylodextrin im Magen nicht gespalten wird. Die Gewichtszunahme des Speisebreies betrug (Versuch IV) 113 g, was mit der Acidität von 0,47% HCl und dem Stickstoffgehalt von 0,13% einherging.

C. Erythroextrin wurde ebenfalls in Lösung den Hunden eingeführt. Sämtliche Versuche dauerten ungefähr die gleiche Zeit (2^h 15^m—2^h 30^m) und erwiesen folgende Resultate, die in der Tabelle I C wiedergegeben sind: der Gewichtszuwachs betrug 111 g (Versuch VII) und 76 g (Versuch VIII), die entsprechenden Aciditätsgrade 0,49 und 0,43% HCl und der Stickstoffgehalt 0,30 und 0,15%. Auch hier konnten wir absolut keine Resorption konstatieren, wohl aber einen geringen Grad von Verdauung, indem im Versuch VI 2,14% und im Versuch VIII 2,0% des verfütterten Erythroextrins in Form von Zucker erschienen. Im Versuch VII ist keine Erythroextrinspaltung zustande gekommen.

D. Rohrzucker wurde in 4 Versuchen den Hunden verfüttert und zwar dreimal in hypotonischer (ca. 3%) und einmal in stark hypertonischer (ca. 53%) Lösung. Die Resultate sämtlicher Versuche, die in der Tabelle I D zusammengefaßt sind, stimmen darin gut überein, daß in keinem Fall eine Resorption von Zucker nachgewiesen werden konnte. Demgegen-

über erschien ein gewisser Teil davon in Form von Invertzucker und zwar in den Quantitäten von 5,0, 6,1 und 2,4 $\%$. Die Mengen der cispylorischen Säfte betragen 129, 83 und 75 g; deren Stickstoffgehalt war gleich 0,15, 0,17 und 0,25 $\%$; letztere Zahl hängt anscheinend mit reichlicher Schleimbeimengung zur entleerten Flüssigkeit, die im Versuch XII von uns konstatiert wurde, zusammen und die wahrscheinlich in einer Reizung der Magenschleimhaut durch konzentrierte Zuckerlösung ihre Ursache hat. Die Aciditätsgrade betragen 0,33, 0,28 und 0,53 $\%$ HCl.

Zur Orientierung über die bei der Kohlenhydratspaltung im Magen mitwirkenden Agenzien, d. h. ob dabei nur Salzsäure tätig ist, oder ob eventuell irgend welche amylytische resp. invertierende Fermente der Magenschleimhaut mit ins Spiel kommen, haben wir einige Kontrollversuche *in vitro* angestellt, indem wir je 1 g Stärke (in Form von Kleister), Amylodextrin, Erythroextrin und Rohrzucker mit je 40 ccm einer 0,43 $\%$ igen Salzsäure (entsprechend der mittleren Konzentration resp. Menge derselben bei unseren Versuchshunden) auf 2 $\frac{1}{2}$ Stunden (mittlere Versuchszeit) in den Brutschrank bei 37 $^{\circ}$ stellten. Nach Verlauf dieser Zeit wurden die Lösungen neutralisiert und deren Zuckergehalt bestimmt.

		Zuckerwert der Versuchssubstanz g	Verdaut $\%$
1 g Stärke	} + 40 ccm HCl von 0,43 $\%$ 2 $\frac{1}{2}$ Stunden bei 37 $^{\circ}$	1,04	0
1 \cdot Amylodextrin .		1,92	0
1 \cdot Erythroextrin		0,94	3,2
1 \cdot Rohrzucker . .		1,0	38,6

Die in der beiliegenden Tabelle dargelegten Resultate weisen darauf hin, daß die in unseren Versuchen beobachteten Spaltungsgrade für Kohlenhydrate der Säurewirkung allein zu verdanken sind, indem dieselbe außerhalb des Tierkörpers ganz analogen Verdauungseffekt zu bewirken vermag: während Stärke und Amylodextrin in beiden Fällen (beim Hunde und im Thermostaten) ungespalten blieben, stimmen die Spaltungswerte für Erythroextrin ganz gut überein (2,0—2,14 $\%$ beim Hunde und

3,2% im Brutschrank) und Rohrzucker wurde im künstlichen Versuch sogar in viel weiter gehendem Grade invertiert, als beim Hunde. Es scheint uns also unnötig, die Existenz irgend eines amylyotischen oder invertierenden Fermentes der Magenschleimhaut anzunehmen.

E. Nun gehen wir zur zweiten Versuchsreihe über, welche die Erörterung der Frage über Resorption der Kohlenhydrate vom Magen aus zum Zweck hat. Dieselbe umfaßt 15 Versuche mit 5 verschiedenen Pylorushunden (Ussatij II, Pudel, Staruschka, Shutschka und Ussatsch). Zu Versuchslösungen wählten wir Traubenzuckerlösungen, indem dieselben, infolge ihrer unbestreitbaren ausgezeichneten Resorbierbarkeit vom Darm aus, für die Erforschung der Resorptionsfähigkeit der Magenschleimhaut als besonders geeignet erschienen (Tabelle II). Zwecks möglichst allseitiger Untersuchung der Resorptionsverhältnisse im Magen wurden die Versuche nach 3 Richtungen modifiziert: 1. Wir variierten die Versuchszeit in den Grenzen zwischen der minimalen = 35 Minuten, binnen deren der Magen sich ohne Mitwirkung des Pylorusreflexes entleerte (Versuch I), bis zur maximalen = 4 Stunden 15 Minuten (Versuch X), die durch fortwährende Injektionen von Verdauungsprodukten ins Duodenum erlangt werden konnte. Durch mehrere Hilfsversuche am Pylorushund¹⁾ haben wir uns überzeugt, daß 200 ccm einer 5%igen Dextroslösung den Magen binnen 1 Stunde verlassen, so daß in den meisten Versuchen dieselben länger als normal darin verblieben. Trotzdem konnte in keinem dieser 10 Versuche eine Resorption von Zucker nachgewiesen werden. In nächster Zeit beabsichtigen wir spezielle Versuche anzustellen, um die Frage zu entscheiden, ob in pathologischen Fällen, zu denen wir unter anderem die Isolierung des pylor-

¹⁾ Wir führten demselben je 200 ccm einer 5%igen Dextroslösung in den Magen bei geschlossener Fistel (per os) ein, öffneten dieselbe nach einer bestimmten Zeit (1¼ Stunde, 1 Stunde, 45 Minuten) und überzeugten uns, daß der Magen nach 1 Stunde vollkommen leer war, während derselbe nach 45 Minuten noch eine gewisse Menge Versuchslösung enthielt.

Table II.
Pylorushunde.

Versuchsnummer resp. Name des Hundes	Versuchsdauer in Stunden und Minuten	Eingeführte Versuchslösung in ccm	Zucker- gehalt der- selben. g	Ausgeschieden		Resor- bierte Zucker- menge g	Menge der cis- pylorischen Säfte g	Stickstoff- gehalt derselben in g in %		Salz- säure- gehalt in %
				Ge- samt- menge g	Acidität in ccm n/10-HCl			Zucker- menge g	in g	
I. Ussatij II.	— 35	200 Dextroslösung + 100 Wasser	7,60	317	—	7,60	17	—	—	—
II. Pudel . .	1 —	„	9,06	322	—	9,06	22	—	—	—
III. Staruschka	1 15	„	8,89	336	34	8,89	36	—	—	0,35
IV. Pudel . .	1 20	„	9,76	360	—	9,76	60	—	—	—
V. „ . .	1 45	„	8,36	365	66	8,36	65	—	—	0,35
VI. „ . .	1 50	„	8,36	—	—	8,36	—	—	—	—
VII. „ . .	1 50	„	9,22	—	—	9,22	—	—	—	—
VIII. „ . .	2 15	„	9,64	385	83	9,64	85	—	—	0,36
IX. „ . .	2 20	„	8,85	385	109,6	8,85	85	—	—	0,47
X. Ussatsch . .	4 15	„	9,50	624	432	9,50	324	0,182	0,06	0,49
XI. Shutschka	2 25	200 Dextroslösung + 100 Wasser	32,35	422	97,5	32,35	121	0,182	0,34	0,29
XII. „ . .	2 55	175 Dextroslösung	88,20	385	90,9	88,20	113	0,409	0,30	0,30
XIII. „ . .	2 30	195 „	136,0	405	124,2	136,0	205	0,432	—	0,22
XIV. Ussatij . .	1 20	200 alkohol. Dextrose- lösung + 100 Wasser	7,88	416	—	7,88	116	—	—	—
XV. Pudel . .	2 05	„	7,88	—	—	7,88	—	—	—	—

rischen Teiles des Magens in Form eines Blindsackes rechnen, irgend eine Zucker- oder Eiweißabbauprodukteresorption zustande kommt. Die Aciditätsgrade des den Versuchslösungen beigemengten Magensaftes variierten dabei zwischen 0,35 und 0,49% HCl; sein Stickstoffgehalt, der nur einmal bestimmt worden war, entsprach 0,06%.

2. Andererseits wechselten wir die Konzentration der Versuchslösungen, indem wir sowohl hypotonische (I.—X. Versuch) wie auch hypertonische (XI.—XIII. Versuch) Dextroselösungen verwendeten: in den 10 ersten Versuchen enthielten dieselben im Mittel 2,9%, in den letzteren 10,8% (XI), 32,1% (XII) und 69,7% (XIII) (Spülwasser mit der Lösungsflüssigkeit mitgerechnet) Dextrose. Die Resultate sämtlicher Versuche stimmten darin vollkommen überein, daß die gesamte eingeführte Zuckermenge quantitativ wiedergefunden wurde, daß also keine Resorption von Zucker stattgefunden hat. Die drei letzteren Versuche zeichneten sich durch reichliche Schleimabsonderung aus dem Magen aus, was durch eine Reizung der Magenschleimhaut durch konzentrierte Zuckerlösungen erklärt werden kann; dementsprechend zeigte der Stickstoffgehalt der entleerten Flüssigkeiten verhältnismäßig große Werte von 0,34 und 0,30%, während die Acidität gegenüber dem Mittelwert (0,43% HCl) eher etwas vermindert erschien: 0,29, 0,30 und 0,22% HCl, was durch eine teilweise Neutralisation der Säure durch den alkalischen Schleim bewirkt werden konnte. Außerdem scheinen konzentrierte Zuckerlösungen den Magen langsamer zu verlassen, indem zur Unterhaltung des Pylorusreflexes geringere Mengen Verdauungsprodukte ins Duodenum eingespritzt werden mußten, als in den entsprechenden Versuchen mit dünnen Lösungen. Irgend eine besonders ausgiebige Vermehrung des Flüssigkeitsvolumens auf Kosten der cispylorischen Säfte im Sinn des sogenannten «Verdauungssaftes» haben wir nicht konstatieren können, indem der Gewichtszuwachs der ausgeschiedenen Flüssigkeit sowohl bei hypo- wie auch bei hypertonischen Zuckerlösungen annähernd gleiche Größen erreichte; vielmehr reagierte die Magenschleimhaut auf letztere, wie wir gesehen haben, durch reichliche Schleimabsonderung.

3. Die dritte Modifikation der Versuche bestand darin, daß wir, anstatt der wässerigen, alkoholische Dextroslösungen gebrauchten. Nachdem wir uns überzeugt hatten, daß aus wässerigen Lösungen Dextrose unter keinen Verhältnissen im Magen zur Resorption kommt, lag es auf der Hand zu prüfen, ob nicht das Lösungsmittel daran schuld sei, indem Wasser bekanntlich im Magen nicht resorbiert wird. Wir wählten nun ein anderes Lösungsmittel, namentlich 20% Alkohol, der nach den Untersuchungen von Nemser¹⁾ in der Quantität von 20,8% (Mittelwert) bis 30% von der Magenschleimhaut aufgenommen wird; auf diese Weise wäre eine eventuelle Hemmung der Zuckerresorption durch das Lösungsmittel nicht mehr zu erwarten. Die beiden Versuche mit alkoholischer Dextroslösung ergaben analoge Resultate, indem vom Zucker nichts resorbiert wurde.

Es ist noch zu bemerken, daß Dextrose im Magen auch nicht weiter gespalten wird, da sämtliche verfütterte Menge immer quantitativ in der entleerten Flüssigkeit enthalten war.

III. Darmverdauung.

A. Duodenalhunde.

Die Untersuchung der Kohlenhydratverdauung resp. Resorption im Duodenum umfaßt 7 Versuche an 3 Duodenalhunden. Die zwei ersten Hunde (Rjabtschik Tschorny und Läschka) sind, analog den Pylorushunden, mit durch vertikale Scheidewand geteilten Fistelröhren versehen — eine Vervollkommnung gegenüber den früheren Duodenalhunden, welche es gestattet, die Magenentleerung durch Anwendung der Ballonvorrichtung zu regulieren. Letztere wird in die anale Fistelhälfte eingeführt, während durch die orale Hälfte der Speisebrei samt den aus dem Magen resp. Duodenum herrührenden Verdauungssäften sich entleert. Beim dritten Hunde (Zigan) ist eine ebenfalls geteilte Fistel ca. 6 cm weit vom Pylorus zwischen der ersten und zweiten Duodenalpapille angelegt. Dieser Hund

¹⁾ M. H. Nemser, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 3, 4 u. 5, S. 356.

wurde nur zu einem einzigen Versuch mit Stärkekleisterfütterung verwendet, dessen Resultate weiter oben, bei Besprechung der Stärkeverdauung im Magen, dargelegt worden sind.

Es wurde je ein Versuch mit Traubenzucker, Rohrzucker, Erythrodextrin, Amylodextrin, Stärkekleister und trockener Stärke ausgeführt. Sämtliche Kohlenhydratarten, außer Stärke, wurden, wie bei Pylorushunden, in Lösung, in der Quantität von 10—20 g auf 200 ccm Wasser, unter Nachspülung mit 100 ccm Wasser, dargereicht. Wir haben in allen Versuchen von der Ballonvorrichtung Gebrauch machen müssen, zur Erzielung annähernd gleicher Versuchsdauer, wie bei Pylorushunden, was für den Vergleich zwischen der Magen- und Duodenalverdauung wünschenswert erschien. In der entleerten Flüssigkeit bestimmten wir außer den Kohlenhydraten auch deren Stickstoffgehalt, der über die Quantität der beigemengten Verdauungssäfte Aufschluß gibt.

Alle Versuche (mit Ausnahme des IV. Versuchs) dauerten ungefähr die gleiche Zeit (2—2 $\frac{1}{2}$ Stunden), was mit der Versuchsdauer bei Pylorushunden gut übereinstimmt. Der Stickstoffgehalt der aufgefangenen Flüssigkeiten betrug 0,408—0,712 g. Die Resorptions- resp. Verdauungsverhältnisse gestalteten sich folgendermaßen (Tabelle III):

1. Von 9,0 g verfütterter Dextrose erschienen 77,3% in der entleerten Flüssigkeit wieder, 22,7% davon wurden resorbiert.

2. Rohrzucker wurde in der Quantität von 31,3% resorbiert; 7,1% der eingeführten Menge wurden in Form von Invertzucker wiedergefunden; der Totaleffekt der Verdauung im Duodenum entspricht demnach $31,3\% + 7,1\% = 38,4\%$, indem wir voraussetzen, daß der Resorption eine Spaltung von Rohrzucker vorausgegangen war. Wir glauben uns zu dieser Annahme aus dem Grund berechtigt, weil wir in den entleerten Flüssigkeiten neben den unverdauten auch immer eine verhältnismäßig große Menge bis auf Zucker gespaltener Kohlenhydrate finden (bis 68,5%), was darauf hinweist, daß wenigstens der größte Teil derselben vor der Resorption der Spaltung unterliegt. Wir wollen deshalb als Totalwert oder Totaleffekt für Verdauung die Summe resorbierter, in Form von

Tabelle III.
Duodenalhunde.

Ver- suchs- num- mer	Versuchs- dauer in Stunden und Minuten	Eingeführte Nahrung	Zucker- wert der- selben in g	Ausgeschieden		Resorbierte		Totalwert für Ver- dauung in %	Stickstoff- gehalt des Speise- breies in g	
				Ge- wicht in g	Zuckerwert in %	Zuckermenge in g	in %			
Tschorny Rjabschik.										
I.	2 —	200 ccm Dextroslösung + 100 ccm Wasser	9,0	340	6,96	77,3	2,04	22,7	—	0,408
II.	2 —	200 ccm Rohrzuckerlösung + 100 ccm Wasser	10,0	405	6,87	68,7	3,13	31,3	38,4	0,616
III.	2 20	200 ccm Erythroextrinlösung + 100 ccm Wasser	9,0	410	8,41	93,4	0,59	6,6	53,1	0,436
IV.	2 —	200 ccm Amylodextrinlösung + 100 ccm Wasser	9,15	430	8,50	92,9	0,65	7,1	68,5	0,617
V.	2 10	Stärkekleister	20,87	976	18,96	90,80	1,91	9,2	55,7	0,712
Leschka.										
VI.	4 15	20 g trockene Stärke	18,50	281	16,90	91,4	1,60	8,6	16,7	0,574
Zigan.										
VII.	4 10	300 g Stärkekleister + 100 ccm Wasser	8,30	536	8,08	97,3	0,22	2,7	40,9	0,489

Zucker aufgefundenen Kohlenhydrate bezeichnen. Falls durch weitere Untersuchungen das Gegenteil bewiesen wird, d. h. die Möglichkeit der Resorption für Dextrine und Rohrzucker als solche, fällt selbstverständlich der Begriff des Totaleffektes aus und die entsprechenden Zahlen der vorliegenden Arbeit müssen korrigiert werden.

Ziehen wir den für den Magen festgestellten Spaltungswert für Rohrzucker = 4,4% vom Totaleffekt (= 38,4%) ab, so erhalten wir eine Zahl von 34%, die dem Wirkungseffekt der Duodenalsäfte auf Rohrzucker entspricht; wir wollen sie in der Folge kurz als Eigenwerte für Verdauung (resp. Resorption) bezeichnen. (Sämtliche Eigenwerte sind in der VII. Tabelle zusammengestellt.)

3. Bei Erythrodextrinfütterung enthielt die ausgeschiedene Flüssigkeit 46,5% Dextrose, wobei der Gesamtzuckerwert derselben 93,4% betrug; 6,6% davon wurden resorbiert. Der totale Verdauungseffekt entspricht demnach $46,5 + 6,6 = 53,1\%$, der Eigenwert für Verdauung beträgt $53,1 - 2,1$ (Magenverdauung) = 51,0%.

4. Von 9,15 g Amylodextrin wurden 92,9% in der ausgeschiedenen Flüssigkeit aufgefunden; die Resorption betrug also 7,1%, während die Verdauung eine Größe von 61,4% erreichte. Der Totaleffekt für Verdauung fällt hier mit dem Eigenwert zusammen, indem derselbe durch ausschließliche Wirkung der Duodenalsäfte, ohne daß der Magen dabei teilnimmt, erreicht wird.

5. Von der in Form von dünnem Kleister dargereichten Stärke erschienen 90,8% wieder, wovon 46,5% bis auf Zucker gespalten. 9,2% wurden resorbiert, so daß der Totalwert für Verdauung resp. der Eigenwert im Duodenum 55,7% ausmachte.

6. Zuletzt bekam der Hund 20 g trockene Stärke. Der Versuch dauerte 4 Stunden 10 Minuten; der Speisebrei enthielt 8,1% Zucker, 8,6% wurden resorbiert; der totale Verdauungseffekt beträgt demnach $8,1 + 7,6 = 15,7\%$.

Wir sehen nun, daß die Duodenalverdauung sich durch beträchtliche Spaltungsgröße für sämtliche Kohlenhydrate aus-

zeichnet, indem 15,7 (Stärke) bis 68,5% (Amylodextrin) derselben in Zucker übergeführt werden. Demgegenüber zeigt die Resorption derselben verhältnismäßig geringe Werte, indem die meisten Kohlenhydratarten in der Menge von 2,7—9,2% im Duodenum resorbiert werden; nur Dextrose und Rohrzucker gelangen in größeren Quantitäten von 22,7—31,3% zur Resorption.

Der entsprechende mittlere Resorptionswert für Stärke bei Brotfütterung = 19,96% ist größer ausgefallen, als bei unseren jetzigen Versuchen, während der totale Verdauungseffekt = 49,18% etwas geringer als bei Stärkekleisterfütterung erscheint, was durch verschiedenartige Beschaffenheit des ins Duodenum gelangenden Speisebreies erklärt werden kann.

B. Ileumhund.

Sämtliche Versuche zur Erforschung der Verdauungs- resp. Resorptionsverhältnisse im oberen Abschnitt des Dünndarms wurden an einem Hunde (Zolty Rjabtschik) ausgeführt, bei dem die Fistel an der Grenze zwischen dem mittleren und unteren Drittel des Dünndarms sich befindet. Es wurden im ganzen 12 Versuche angestellt: 2 mit Dextrose, 3 mit Rohrzucker, 3 mit Erythroextrin, 2 mit Amylodextrin und 2 mit Stärke. In den meisten Fällen wurden die Nährsubstanzen in Lösung, 3 mal aber in trockener Form (Stärke, Rohrzucker und Erythroextrin) verfüttert.

1. Aus der Tabelle IV überzeugen wir uns, daß Dextrose in der Menge von 78,8% (im Mittel) zur Resorption gelangt; subtrahieren wir davon die für den Duodenalhund bestimmte Zahl von 22,7%, so erhalten wir den Eigenwert für Resorption im gegebenen Darmabschnitt (Jejunum + oberes Ileum) = $78,8 - 22,7 = 56,1\%$.

2. Rohrzucker, der sowohl in Lösung, wie in Stücken verabreicht wurde, zeigte einen mittleren Resorptionsgrad von 92,1%; die ausgeschiedene Flüssigkeit enthielt 5,8% Invertzucker, so daß beinahe die gesamte verfütterte Rohrzuckermenge invertiert wurde (97,9% — Totaleffekt). Der Eigenwert für Resorption beträgt demnach $92,1 - 31,3$ (Duodenalhund) = 60,8% und für Verdauung $97,9 - 38,4$ (Duodenalhund) = 59,5%.

Ver- suchs- num- mer	Versuchs- dauer in Stunden und Minuten	Eingeführte Nahrung	Zucker- wert der- selben in g	Ge- wicht in g	Ausgeschieden			Resorbierte Zuckermenge in g	Totalwert für Ver- daunung in %	Stickstoff- gehalt des Speise- breies in g
					Zuckerwert in %	Ver- dau- t in g	Zuckermenge in %			
I.	2 —	400 cem Dextroselösung	16,24	148	3,43	21,1	—	12,81	78,9	0,261
II.	2 —	390 „ „	17,34	180	3,70	21,3	—	13,64	78,7	0,373
Im Mittel . . .			16,79	164	3,57	21,2	—	13,22	78,8	0,317
III.	2 —	300 cem Rohrzuckerlösung	15,0	58	1,19	7,9	7,5	13,81	92,1	—
IV.	2 15	400 „ „	21,56	88	2,31	10,7	6,1	19,15	89,3	0,431
V.	3 —	50 g Rohrzucker trocken	52,80	—	2,64	5,0	3,8	50,16	95,0	0,417
Im Mittel . . .			29,79	73	2,05	7,9	5,8	27,74	92,1	0,424
VI.	2 30	400 cem Erythrodedextrinlösung	18,0	87	6,74	37,4	13,0	11,26	62,6	0,378
VII.	2 15	400 „ „	20,6	—	9,71	47,1	15,0	10,89	52,9	0,576
VIII.	4 —	50 g Erythrodedextrin trocken	46,8	125	21,0	44,9	6,7	25,80	55,1	—
Im Mittel . . .			28,5	106	12,48	43,1	11,6	15,98	56,9	0,477
IX.	3 30	400 cem Amylodextrinlösung	18,3	34	2,31	12,6	6,0	15,99	87,4	0,302
X.	4 50	400 „ „	20,2	175	4,97	24,6	6,9	15,23	75,4	0,500
Im Mittel . . .			19,25	105	3,64	18,4	6,4	15,61	81,4	0,401
XI.	5 —	Stärkekleister	20,87	126	1,27	6,1	0,9	19,6	93,9	0,473
XII.	5 —	52 g trockene Stärke	52,0	—	40,43	77,8	12,7	11,57	22,2	0,796

3. Erythroextrin erwies, sowohl in löslicher, wie in fester Form verabreicht, ungefähr gleiche Resorptionsgröße von 56,9% (im Mittel). Der Zuckergehalt des Filtrats betrug im Mittel 11,6%, so daß der gesamte Verdauungswert 68,5% ausmachte.

Die Eigenwerte entsprechen demnach $68,5 - 53,1$ (Duodenalhund) = 15,4% für Verdauung und $56,9 - 6,6$ = (Duodenalhund) = 50,3%.

4. Amylodextrin wurde nur in Lösung gegeben. Die ausgeschiedene Flüssigkeit enthielt 6,4% Zucker; die Resorption betrug im Mittel 81,4%; dementsprechend war der Totalwert für Verdauung gleich $81,4 + 6,4 = 87,8\%$. Der Eigenwert für Resorption entsprach $81,4 - 7,1$ (Duodenalhund) = 74,3% und für Verdauung $87,8 - 68,5$ (Duodenalhund) = 19,3%.

5. Stärkekleister hatte weitgehende Spaltung resp. Resorption erlitten, indem erstere 94,8% (93,9% resorbiert und 0,9% als Zucker ausgeschieden), letztere 93,9% ausmachten. Der Eigenwert für Resorption betrug $93,9 - 9,2$ (Duodenalhund) = 84,7% und für Verdauung $94,8 - 55,7$ (Duodenalhund) = 39,1%.

6. Von 52 g trockener Stärke erschienen nur 22,2% als resorbiert und $22,2 + 12,7$ (als Zucker ausgeschieden) = 34,9% als gespalten. Die Verdauungsgröße hat also gegenüber dem Duodenalhund um $34,9 - 15,7$ (Duodenalhund) = 19,2% und die Resorptionsgröße um $22,2 - 8,6$ (Duodenalhund) = 13,6% zugenommen (Eigenwerte).

Die Bestimmung des Stickstoffgehaltes der entleerten Flüssigkeit ergab im allgemeinen etwas geringere Werte, als beim Duodenalhund, was darin seine Erklärung findet, daß, wie von uns an einem Resorptionshund nachgewiesen worden ist,¹⁾ dieselben im entsprechenden Darmabschnitt in der Quantität von ca. 30% (nach Stickstoff berechnet) zur Resorption gelangen.

Wir überzeugen uns nun, daß die zwei proximalen Drittel des Dünndarms (Jejunum und oberes Ileum) gegenüber dem

¹⁾ E. S. London und W. W. Polowzowa, Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 6, S. 429.

Duodenum im allgemeinen weitergehende Resorption, dagegen verhältnismäßig geringere Verdauungsgröße für Kohlenhydrate erweisen; dieser Umstand kann dadurch erklärt werden, daß verschiedene Kohlenhydrate durch die Duodenalverdauung bereits in hohem Maße gespalten werden und auf diese Weise in einen für die Resorption direkt vorbereiteten Zustand in die distalwärts gelegenen Darmpartien gelangen.

Die von uns diesmal bestimmten Werte für Verdauung resp. Resorption der Stärke beim Ileumhund weichen insofern von den bei Brotfütterung festgestellten ab, daß letztere kleiner erscheinen als für gequollene, dagegen größer als für trockene Stärke. Der Verdauungswert für Stärke bei Brotfütterung beträgt 85%, während derselbe für gequollene Stärke 94,9% und für trockene 34,9% ausmacht. Die Resorption zeigt analoges Verhalten, indem 71,5% resorbierte Kohlenhydrate bei Brotfütterung in die Mitte zwischen 94% (gequollene Stärke) und 22,2% (trockene Stärke) zu liegen kommt. Dieser Umstand findet vielleicht darin seine Erklärung, daß die im Brot enthaltene Stärke durch den Prozeß der Brotbereitung einen gewissen Quellungsgrad erfahren hat, wodurch dieselbe im Vergleich mit trockener Stärke an Resistenz gegenüber den Verdauungssäften erheblich eingebüßt hat.

C. Ileocoecahund.

Dieser Hund (Bjelka) besitzt eine 2—3 cm proximal vom Coecum gelegene Fistel, sodaß die Analysenresultate dessen Speisebreies über den Totaleffekt der Verdauung resp. Resorption im gesamten Verdauungstractus, mit Ausnahme des Dickdarms, Aufschluß geben.

Wir führten an demselben 8 Versuche aus, wovon 1 mit Dextrose, 2 mit Rohrzucker, 2 mit Erythrodextrin, 1 mit Amylodextrin, 1 mit Stärkekleister und 1 mit trockener Stärke. Tabelle V ergibt folgende Resultate:

1. Dextrose wurde total resorbiert; der Eigenwert betrug also $100,0 - 78,8$ (Ileumhund) = 21,2%.

2. Rohrzucker, sowohl gelöst wie trocken, wurde in der entleerten Flüssigkeit nur in Spuren (0,6—0,4%) in Form

Tabelle V.
 Ileocoecalhund (Bjelka).

Ver- suchs- num- mer	Versuchs- dauer in Stunden und Minuten	Eingeführte Nahrung	Zucker- wert der- selben in g	Ge- wicht in g	Ausgeschieden		Resorbierte		Totalwert für Ver- dauung in %	Stickstoff- gehalt des Speise- breies in g
					Zuckerwert Gesamtmenge in g	in %	Zuckermenge in g	in %		
I.	5 30	400 ccm Dextroselösung	16,24	43	0	0	16,24	100	—	0,413
II.	5 30	400 ccm Rohrzuckerlösung	21,56	27	0,13	0,60	21,43	99,4	100	0,234
III.	5 30	50 g Rohrzucker trocken	52,80	47	0,24	0,45	52,56	99,6	100	0,452
Im Mittel . . .			37,18	37	0,19	0,5	36,99	99,5	100	0,343
IV.	5 30	400 ccm Erythroextrinlösung	20,6	55	2,47	12,0	18,13	88,0	94,2	0,309
V.	7 30	50 g Erythroextrin trocken	46,8	—	16,08	34,4	30,72	65,6	71,2	0,267
Im Mittel . . .			33,7	55	9,27	23,2	24,43	76,8	82,7	0,288
VI.	6 30	400 ccm Amylodextrinlösung	18,3	45	0,85	4,6	17,45	95,4	98,1	0,493
VII.	8 —	Stärkekleister	20,0	—	1,35	6,7	18,65	93,3	94,2	0,489
VIII.	9 —	52 g trockene Stärke	52,0	—	11,41	21,9	40,59	78,1	88,8	0,267

von Invertzucker aufgefunden, sodaß der totale Verdauungseffekt 100% und die Resorption 99,5% ausmachten; die Eigenwerte entsprachen demnach $100 - 97,9$ (Ileumhund) = 2,1% für Verdauung mit $99,5 - 92,1$ (Ileumhund) = 7,4% für Resorption.

3. Erythrodextrin, in Lösung, zeigte eine Resorption von 88,0%; die aufgefangene Flüssigkeit enthielt 6,2% Zucker, wonach die Totalverdauung $88,0 + 6,2 = 94,2\%$ ausmachte. Bei trockenem Erythrodextrin (in größerer Menge verabreicht) waren die entsprechenden Prozentzahlen (nicht aber die absoluten Werte) geringer, indem 65,6% als resorbiert und $65,6 + 5,6 = 71,2\%$ als verdaut erschienen; im Mittel haben wir 76,8% für Resorption und 82,7% für Verdauung; demnach sind die Eigenwerte gleich 14,2% für Verdauung und 19,9% für Resorption.

4. Amylodextrin wurde in der Menge von 95,4% resorbiert, was einem Eigenwert von $95,4 - 81,4$ (Ileumhund) = 14,0% entspricht; die entleerte Flüssigkeit enthielt 2,7% Zucker, sodaß die Totalspaltung $95,4 + 2,7 = 98,1\%$ ausmachte. Der Eigenwert für Verdauung betrug demnach $98,1 - 87,8$ (Ileumhund) = 10,3%.

5. Stärkekleisterfütterung erwies analoge Resorptions- (93,3%) resp. Verdauungswerte (94,2%), wie beim Ileumhund, da beim letzteren beide Prozesse annähernd zum Abschluß gekommen waren.

6. Demgegenüber konnten wir beim Ileocoecahund viel größeren Spaltungs- resp. Resorptionsgrad für trockene Stärke konstatieren, als beim Ileumhund, namentlich entsprach letztere Zahl 78,1% und die Verdauung — $78,1 + 10,7$ (Zuckergehalt der entleerten Flüssigkeit) = 88,8%. Die Eigenwerte betragen demnach für Resorption $78,1 - 22,2$ (Ileumhund) = 55,9% und für Verdauung $88,8 - 34,9$ (Ileumhund) = 53,9%.

Die angeführten Angaben weisen darauf hin, daß das untere Drittel des Dünndarms (unteres Ileum) einen verhältnismäßig geringen Teil an der Verdauung resp. Resorption der Kohlenhydrate zu nehmen scheint, indem beide Prozesse in den proximal gelegenen Darmpartien in den meisten Fällen

bereits zum Abschluß kommen. Eine Ausnahme davon macht nur trockene Stärke, deren definitive Spaltung resp. Resorption vorwiegend im unteren Ileum stattfindet.

Beim Vergleich dieser Resultate mit denjenigen bei Brotfütterung treffen wir auf analoge Verhältnisse, wie beim Ileumhund, indem in Form von Brot dargereichte Stärke größere Verdauungs- resp. Resorptionswerte zeigt, als trockene Stärke, während die Differenz zwischen ersterer und Stärkekleister sich vollkommen ausgleicht.

D. Resorptionshund.

Der sogen. Resorptionshund (Shulik) ist mit 2 Fisteln versehen, von denen eine (Initialfistel) am Ende des Duodenums (wie beim Duodenalhund), die zweite (Terminalfistel) an der Grenze zwischen dem mittleren und distalen Drittel des Dünndarms (wie beim Ileumhund) gelegen sind. Die Initialfistel ist zwecks Anwendung der Ballonvorrichtung in 2 Hälften geteilt. Die Versuche wurden in der an anderem Ort¹⁾ ausführlich beschriebenen Weise ausgeführt, indem der zwischen beiden Fisteln gelegene Darmabschnitt zunächst mit 200—300 ccm auf 37° erwärmter physiologischer Kochsalzlösung zur Entfernung der aus dem Duodenum stammenden Verdauungssäfte resp. Nahrungsreste durchgespült und danach die Versuchslösung in einzelnen Portionen von 20 ccm schußweise eingespritzt wurde. Die aus der Terminal(Ileum)fistel abfließende Flüssigkeit wurde in einem daran befestigten Glaskolben aufgefangen. Dieselbe wurde sowohl auf ihren Gehalt an verdauten resp. unverdauten Kohlenhydraten untersucht, wie auch deren Stickstoffgehalt bestimmt, wodurch eine approximative Abschätzung der Quantität des im Laufe des Versuchs abgesonderten Darmsaftes ermöglicht wird.

Die Tabelle VI ergibt die Resultate von 8 Versuchen mit dem Resorptionshund: 1 mit Dextrose, 1 mit Lävulose, 2 mit Rohrzucker, 1 mit Erythrodextrin, 1 mit Amylodextrin, 1 mit

¹⁾ E. S. London und W. W. Polowzowa. Diese Zeitschrift, Bd. LIII, H. 6, S. 429.

Tabelle VI.
Resorptionshund (Shulik).

Ver- suchs- num- mer	Versuchs- dauer in Stunden und Minuten	Eingeführte Nahrung	Zucker- wert der- selben in g	Ausgeschieden		Resorbierte Zuckermenge in g	Totalwert für Ver- daunung in %	Stickstoff- gehalt der ausgeschie- denen Flüssigkeit in g			
				Menge in ccm	Zuckerwert Gesamt- menge in g						
I.	1 45	200 ccm Dextroselösung	9,10	10,0	0,27	3,0	—	0,213			
II.	2 —	200 „ Lävuloselösung	9,15	33,0	0,89	7,7	—	0,217			
III.	1 45	200 ccm Rohrzuckerlösung	10,0	10,0	0,36	3,6	3,3	0,133			
IV.	2 20	375 „ „	17,94	50,0	2,02	11,3	11,0	0,219			
Im Mittel . . .			13,97	30,0	1,19	7,5	7,1	0,0391			
V.	1 40	200 ccm Erythro-dextrinlösung	11,15	18,0	4,28	38,4	5,0	6,87	61,6	66,6	—
VI.	2 —	200 „ Amylodextrinlösung	10,17	60,5	6,63	65,2	10,2	3,54	34,8	45,0	—
VII.	2 45	300 ccm Stärkekleister	10,0	100,0	7,74	77,4	42,5	2,26	22,6	65,1	0,494
VIII.	2 —	10 g Stärkepolver mit 200 ccm Wasser	9,44	—	9,44	100	0	0	0	0	—

Stärkekleister und 1 mit trockener Stärke. Der Zweck dieser Versuchsreihe bestand darin, die Rolle resp. den Wirkungseffekt des Darmsaftes bei Kohlenhydratverdauung in vivo aufzuklären und durch Zusammenstellung der erhaltenen Resultate mit den Angaben von den übrigen Verdauungshunden, bei denen außer Darmsaft auch die Duodenalsäfte an der Verdauung teilnehmen, den wahren Verdauungswert dieser letzteren abzuschätzen.

Die Verdauungs- resp. Resorptionsverhältnisse gestalten sich beim Resorptionshund in folgender Weise:

1. Dextrose gelangte in der Quantität von 97 % zur Resorption.

2. Lävulose wurde in der Menge von 92,3 % resorbiert.

3. Rohrzucker zeigte einen mittleren Resorptionsgrad von 92,6 %; die entleerte Flüssigkeit enthielt im Mittel 7,1 % Invertzucker, sodaß der gesamte eingeführte Rohrzucker im Laufe des Versuchs bis auf Spuren (0,3 %) invertiert wurde.

4. Von 11,15 g Erythrodextrin wurden 61,6 % resorbiert und 5 % als Zucker wiedergefunden, so daß die Totalverdauung $61,6 + 5,0 = 66,6\%$ betrug.

5. Amylodextrin erwies eine Resorptionsgröße von 34,8 % und einen Totaleffekt für Verdauung von 45,0 %, indem 10,2 % in Form von Zucker ausgeschieden wurden.

6. Stärkekleister zeigte einen Resorptionswert von 22,6 % und eine Spaltungsgröße von 65,1 % (die ausgeschiedene Flüssigkeit enthielt 49,5 % Zucker).

7. Trockene Stärke wurde in einer Suspension von 9,44 g Stärkepolver in 200 ccm Wasser dem Hunde eingeführt und wurde, ohne eine Spaltung oder Resorption zu erleiden, als solche quantitativ ausgeschieden.

Die angeführten Werte führen uns zur Überzeugung, daß die Kohlenhydratverdauung im Darm durch ausschließliche Wirkung des Darmsaftes einen sehr hohen Grad erreichen kann. Letztere kommt besonders bei Verdauung von Rohrzucker, Erythrodextrin und Stärkekleister zur Geltung, während Amylodextrin und trockene Stärke in geringerem Maße gespalten werden: allem Anschein nach ist dazu das Eingreifen des

pankreatischen Saftes erforderlich, was durch einen Vergleich zwischen den am Resorptionshund festgestellten Zahlen und den für den Ileumhund, d. h. für den entsprechenden Darmabschnitt bestimmten Eigenwerten für Verdauung und Resorption anschaulich gemacht wird. Wir haben der Übersichtlichkeit halber sämtliche Eigenwerte in einer speziellen Tabelle VII zusammengestellt: während unter Mitwirkung der Duodenalsäfte (Zolty Rjabtschik) in dem zwischen beiden Fisteln gefaßten Darmabschnitt trockene Stärke einen Verdauungsgrad von 18,2% zeigt (Eigenwerte für den Ileumhund), bleibt dieselbe, der Wirkung des Darmsaftes allein unterworfen, vollkommen intakt (Resorptionshund). Gequollene Stärke und Amylodextrin erweisen ebenfalls größere Resorptionswerte (84,7 und 74,3%) unter dem Einfluß sämtlicher Verdauungssäfte (d. h. Pankreassaft, Galle, Darmsaft), als beim Resorptionshund (22,6 und 34,8%). Demgegenüber kann die Mitwirkung der Duodenalsäfte bei Erythroextrin resp. Rohrzuckerverdauung als vollkommen entbehrlich gelten, indem letztgenannte Kohlenhydratarten durch den Darmsaft allein sogar weitergehende Spaltung erlitten haben (66,6 und 99,7%) als beim Ileumhund (15,4 und 59,5%).

Auf Grund der dargelegten Versuchsergebnisse können wir folgende Schlüsse ziehen:

1. Die von uns angewandten Kohlenhydratarten (Stärke, Amylodextrin, Erythroextrin, Rohrzucker und Dextrose) werden im Hundemagen unter physiologischen Verhältnissen weder in wässriger, noch alkoholischer, weder schwacher noch konzentrierter Lösung resorbiert.

2. Von den erwähnten Kohlenhydraten erleiden nur Rohrzucker und Erythroextrin eine geringe Spaltung (4,4 und 2,1%) im Magen, während höher organisierte Kohlenhydrate im Magen nicht angegriffen werden.

3. Die Kohlenhydratspaltung im Magen scheint durch ausschließliche Wirkung der Salzsäure zustande zu kommen, ohne daß irgend welche amylytische

Tabelle VII.
Eigenwerte für Verdauung und Resorption.

Abschnitt des Verdauungstraktus	Dextrose		Rohrzucker		Erythro- dextrin		Amylo- dextrin		Stärke- kleister		Stärke trocken	
	Ver- daut	Resor- biert	Ver- daut	Resor- biert	Ver- daut	Resor- biert	Ver- daut	Resor- biert	Ver- daut	Resor- biert	Ver- daut	Resor- biert
Magen	0	0	4,4	0	2,1	0	0	0	0	0	0	0
Duodenum	0	22,7	34,0	31,3	51,0	6,6	68,5	7,1	55,7	9,2	16,7	8,6
Jejunum und oberes Ileum	0	56,1	59,5	60,8	15,4	50,3	19,3	74,3	39,1	84,7	18,2	13,6
Unteres Ileum	0	21,2	2,1	7,4	14,2	19,9	10,3	14,0	—	—	53,9	55,9
Resorptionshund	0	97,0	99,7	92,6	66,6	61,6	45,0	34,8	65,1	22,6	0	0

oder invertierende Fermente der Magenschleimhaut dabei tätig seien.

4. Bei Kohlenhydratverdauung im Magen sondern sich beträchtliche Mengen (76—324 ccm) Magensaftes ab, der einen Stickstoffgehalt von 0,18% und eine mittlere Acidität von 0,43% HCl besitzt, so daß von einer Unterdrückung der Salzsäuresekretion durch Kohlenhydrate kaum die Rede sein kann. Inwiefern es sich dabei um eine Rückwirkung der ins Duodenum gelangten Flüssigkeit handelt, muß noch erforscht werden. Eine Milchsäurebildung wird dabei nicht beobachtet.

5. Konzentrierte Dextroselösungen (10,3 bis 69,7%) rufen gegenüber den hypotonischen (2,9%) keine merkliche Vermehrung der Flüssigkeitsabsonderung aus dem Magen im Sinn des sog. « Verdünnungssaftes » hervor, vielmehr scheint die Magenschleimhaut durch reichliche Schleimsekretion darauf zu reagieren.

6. Im Duodenum erleiden die meisten Kohlenhydrate eine weitgehende Spaltung (Rohrzucker — 34%, Erythrodextrin — 51%, Amylodextrin — 68,5%, Stärkekleister — 55,7% und trockene Stärke — 16,7%), während deren Resorption nur eine geringere Größe erreicht (Dextrose — 22,7%, Rohrzucker — 31,3%, Erythrodextrin — 6,6%, Amylodextrin — 7,1%, Stärkekleister — 9,2% und trockene Stärke — 8,6%).

7. Im Jejunum resp. oberen Ileum wird der im Duodenum abgespaltene Zucker zum größten Teil resorbiert (Dextrose — 56,1%, Rohrzucker — 60,8%, Erythrodextrin — 50,3%, Amylodextrin — 74,3%, Stärkekleister — 34,7% und trockene Stärke — 13,6%), während die weitere Spaltung unverdauter Kohlenhydrate fortschreitet: die Rolle des Duodenums bei Kohlenhydratverdauung scheint demnach in einer Vorbereitung derselben zur Resorption in den distalwärts gelegenen Darmabschnitten zu bestehen.

8. Im unteren Ileum wird die Verdauung resp.

Resorption der meisten Kohlenhydrate abgeschlossen (Dextrose — 100% resorbiert; Rohrzucker 100% verdaut, 99,5% resorbiert; Erythrodextrin 82,7% verdaut, 76,8% resorbiert; Amylodextrin 98,1% verdaut, 95,4% resorbiert; Stärkekleister 94,2% verdaut 93,3% resorbiert); nur trockene Stärke macht davon eine Ausnahme, indem dieselbe in einer beträchtlichen Quantität (21,9%) in den Dickdarm übergeht.

9. Sämtliche Kohlenhydrate, außer trockener Stärke, können in vivo durch ausschließliche Wirkung des Darmsaftes bis auf Zucker gespalten werden (Rohrzucker — 99,7%, Erythrodextrin — 66,6%, Amylodextrin — 45,0%, Stärkekleister — 65,1%), so daß eine Mitwirkung der Duodenalsäfte nur für Stärkeverdauung von besonderer Bedeutung zu sein scheint.

10. Bei Kohlenhydratverdauung läßt sich sozusagen ein «Verdaunungsstickstoffwechsel» nachweisen, der in einer Ausscheidung von stickstoffhaltigen Substanzen ins Darmlumen mit nachfolgender teilweiser Aufsaugung derselben sich äußert.

So findet man bei Darreichung von Stärkekleister im Magen (Pylorushund Shutschka, Tab. I) einen Stickstoffansatz von 0,210 g, der im Duodenum nach Zufuhr der Säfte aus der 1. Papille (Duodenumhund Zygan, Tab. III) bis auf 0,489 g und nach Zufuhr des Pankreassaftes aus der 2. Papille (Duodenumhund Tschorny Rjabtschik, Tab. IV) bis auf 0,712 g steigt. Beim Ileumhund Zolty Rjabtschik (Tab. IV) und Ileo-coecahund Bjelka (Tab. V) sinkt der Stickstoffgehalt des Breies bis 0,473—0,489 g, was auf Resorption in den oberen Darmabschnitten zurückzuführen ist. Wir werden übrigens diese Erscheinung noch weiter erforschen.

Die vorliegende Arbeit umfaßt also eine Reihe von Untersuchungen über Verdauungs- resp. Resorptionsverhältnisse für

Stärke und deren gesonderte, durch künstliche Eingriffe gewonnenen Abbauprodukte. Obgleich wir wissen, daß bei normaler Kohlenhydratverdauung deren Abbauprodukte in verschiedenen Kombinationen zu gleicher Zeit im Speisebrei auftreten, ist es uns beim jetzigen Stand unserer chemischen Kenntnisse nicht möglich, dieselben aus ihren Gemischen herauszusondern, denn die verschiedenen Dextrine erscheinen bis jetzt noch nicht isolierbar und nicht quantitativ bestimmbar.
