

Zur Kenntnis der Verdauungs- und Resorptionsgesetze.

V. Mitteilung.

Zur Kenntnis des Verlaufes der Magenverdauung bei gemischter Speise und über die Herkunft der Konstanzzahlen.

Von

E. S. London und F. Rivosch-Sandberg.

(Aus dem pathologischen Laboratorium des K. Institutes für experimentelle Medizin.)

(Der Redaktion zugegangen am 16. Februar 1910.)

I. Allgemeine Betrachtungen.

Die vorliegenden Versuche an unserem Magenfistelhund Woltschok nahmen wir vor zwecks Erläuterung folgender Fragen:

1. Ob die Gesetzmäßigkeit, welche für geringe Mengen eiweißhaltiger Nahrung durch die Arrheniusschen Berechnungen bewiesen ist, sich auch für Kohlehydrate und Fette feststellen läßt?

2. Ob es experimentell gelingen kann, eine Erklärung für die Herkunft der Konstanzzahlen aufzufinden?

Um die erste Frage zu entscheiden, konnte man die Versuche so anstellen, daß man dem obengenannten Hunde Fette verfüttert, oder nur Kohlehydrate, reine Eiweißsubstanzen usw. Wir zogen aber vor, ein natürliches Gemisch dieser Speisekomponenten anzuwenden, da Kohlehydrate oder Fette allein eine für den Hund ungewohnte Speise darstellt. Es lag nahe, zu diesem Zwecke Milch zu nehmen. Wir wählten aber nicht die natürliche Milch, sondern das Milchpulver, da es uns die Möglichkeit gibt, in kleinem Umfange große Mengen Nährsubstanz zu verwenden. Wir vermischten das Versuchspulver mit der gleichen Menge Wasser bis zur Bildung eines einheitlichen Breies.

Um die Möglichkeit zu gewinnen, uns in der Entstehung der Konstanten zu orientieren, haben wir den Hund mit verschiedenen Mengen Substanz gefüttert, von 200 g an bis 12,5 g. Wir gaben in einer Versuchsreihe 200 g, dann 100 g—50 g—25 g und 12,5 g. Auf diese Weise waren bloß die Maximalmengen (200 g— mit Wasser 400 g) größer als diejenigen, für welche Arrhenius eine Gesetzmäßigkeit des Verlaufes nach der Formel für monomolekulare Reaktionen vorfand. Diese Menge aber erwies sich für unseren Hund als maximal, denn jedesmal nach dem Versuche, vom 6stündigen an, litt der Hund an Durchfall, sodaß diese letzteren Versuche schon als anormal angesehen werden müssen.

Also erwies sich das Milchpulver für unseren Zweck in der Hinsicht ganz geeignet, daß alle normalen Dosen nur ein kleines Volumen beanspruchten. Wenn sich die Magentätigkeit bei allen Mengen einförmig gestaltete, nämlich ein und derselben allgemeinen Formel folgte, so müßte diese Formel sich für verschiedene Mengen nur durch die Größe der Konstanten unterscheiden. Sonst wäre es schwierig, über die verschiedene Verdauungsdauer verschiedener Mengen im Magen Rechenschaft zu geben.

II. Methodik.

Diese Versuche wurden auf eben dieselbe Weise angestellt, wie alle anderen mit demselben Hund, d. h. wir fütterten ihn mit der zubereiteten Speise und bestimmten nach verschiedener Frist, von einer Stunde an bis zum vollen Entleeren des Magens, wieviel der verabreichten Substanzen im Magen unbefördert zurückblieben. Die Analyse des Mageninhaltes wurde auch auf übliche Weise ausgeführt, d. h. wir bestimmten den N nach Kjeldahl, das Fett durch Extraktion im Soxhlet'schen Apparat und den Zucker nach Bertrand.

Es bleibt hier noch hinzuzufügen, daß diese Versuchsreihe mit 2 Milchpulverpräparaten ausgeführt wurde, den größten Teil davon mit einem Präparat von folgender Zusammensetzung: 5,4% Stickstoff; 31,22% Milchzucker; 17,32% Fett. Als dieses Präparat zu Ende war, gebrauchten wir ein anderes,

ihm sehr nahe stehendes Präparat mit 4,16% Stickstoff, 33,6% Milchzucker und 17,88% Fett.

III. Ergebnisse.

Alle von uns erhaltenen absoluten Zahlen sind in den ersten 4 Kolumnen der Tabelle I angegeben. In den weiteren Kolumnen sind die entsprechenden Prozentzahlen angeführt.

Von dem oben Gesagten ausgehend, versuchten wir dieses Zahlenmaterial rechnerisch zu bearbeiten, indem wir dieselbe Formel anwandten, welche sich in den Berechnungen von Arrhenius bei Verfütterung von kleinen Mengen Fleisch resp. Eiereiweiß an denselben Hunden bewährt hat. Diese Formel lautet:

$$\lg (100 : M) = kt.$$

Wie aus dem Vergleich der aus den Versuchen erhaltenen Zahlen und den nach der Formel berechneten ersichtlich, erwies sich diese Formel für monomolekulare Reaktionen für alle Bestandteile des Milchpulvers und für alle Mengen desselben gültig.

Es ist ferner zu bemerken, daß sich in diesem Falle, wie in einigen anderen analogen Fällen, wo wir Versuche mit gemischter Speise anstellten, die verschiedenen Speisekomponenten ein gewissermaßen selbständiges Verhalten im Magen zeigten. Der Zucker verließ den Magen schneller als die Stickstoffsubstanz, und letztere schneller als das Fett. Diese relative Schnelligkeit der Magenkinetik in bezug auf verschiedene Milchpulverkomponente äußert sich ganz deutlich in den Konstanzgrößen für alle Mengen: überall, wie aus der Tabelle I ersichtlich, ist diese Größe am höchsten für den Zucker und am niedrigsten fürs Fett; für den Stickstoff nimmt sie eine mittlere Lage ein.

Es wird vielleicht gelingen, aufzuklären, inwiefern die chemische Konstitution der verschiedenen Nahrungssubstanzen mit den Konstanzgrößen in Einklang zu bringen ist.

Endlich sei bemerkt, daß der Magen sich in der letzten Stunde rasch entleert, was sich stets bei Fettverdauung beobachten läßt.

Tabelle I.

Verdauungsstunde	Im Magen zurückgeblieben											
	(in g)			(in ‰)								
	Zucker	Stickstoff	Fett	Zucker			Stickstoff			Fett		
			beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	
12,5 g												
(k = 0,490) (k = 0,395) (k = 0,233)												
1	1,05	0,23	1,47	27	32	- 5	44	40	+ 4	59	59	0
2	0,63	0,05	0,72	15	10	+ 5	10	16	- 6	32	34	- 2
3	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,0 g												
(k = 0,382) (k = 0,203) (k = 0,158)												
1	3,06	0,66	3,12	36	41	- 5	63	63	0	70	70	0
2	1,89	0,39	2,13	23	17	+ 6	38	39	- 1	48	48	0
3	0,91	0,27	1,51	11	7	+ 4	26	25	+ 1	35	34	+ 1
4	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50,0 g												
(k = 0,362) (k = 0,186) (k = 0,129)												
1	6,56	1,58	6,08	39	43	- 4	60	65	- 5	70	74	- 4
2	2,81	1,02	4,76	18	19	- 1	40	42	- 2	55	55	0
3	1,85	0,74	3,64	12	8	+ 4	28	28	0	42	41	+ 1
4	0,98	0,52	2,85	6	4	+ 2	20	18	+ 2	33	31	+ 2
5	0,44	0,12	2,19	2	2	0	5	12	- 7	21	23	- 2
6	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100,0 g												
(k = 0,220) (k = 0,171) (k = 0,108)												
1	20,77	3,52	13,66	60	60	0	68	67	+ 1	79	81	- 2
2	12,06	2,71	12,31	39	36	+ 3	52	46	+ 6	72	66	+ 6
3	7,04	1,55	9,74	23	22	+ 1	30	31	- 1	56	54	+ 2
4	3,38	0,65	6,67	11	13	- 2	16	21	- 5	37	44	- 7
5	1,07	0,53	4,29	3	8	- 5	13	14	- 1	24	30	- 6
6	0,07	0,37	3,58	-	-	-	9	9	0	20	22	- 2
7	0	0,17	1,95	-	-	-	4	6	- 2	11	18	- 7
8	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200,0 g												
(k = 0,095) (k = 0,066) (k = 0,068)												
2	44,17	8,94	27,87	71	65	+ 6	86	74	+ 12	80	73	+ 7
4	22,3	4,41	18,70	36	42	- 6	42	54	- 12	54	54	0
6	5,36	1,40	17,05	-	-	-	-	-	-	49	39	+ 10
8	0,43	0,37	6,10	-	-	-	-	-	-	18	29	- 11
10	0,24	0,24	5,71	-	-	-	-	-	-	16	21	- 5
12	0,17	0,06	0,76	-	-	-	-	-	-	2	15	- 13

Tabelle II.

Gegebene Substanzmenge g	Die Konstanzgrößen		
	beobachtet	berechnet	Differenz
Fett			
2,24	0,233	0,203	+ 0,030
4,47	0,158	0,161	- 0,003
8,66	0,129	0,129	0
17,88	0,108	0,101	+ 0,007
35,76	0,068	0,080	- 0,012
Stickstoff			
0,52	0,395	0,318	+ 0,077
1,04	0,203	0,252	- 0,049
2,60	0,186	0,186	0
5,40	0,171	0,148	+ 0,023
10,80	0,066	0,116	- 0,050
Zucker			
4,20	0,490	0,429	+ 0,061
8,40	0,382	0,347	+ 0,035
15,60	0,362	0,278	+ 0,084
31,20	0,220	0,220	0
62,40	0,095	0,175	- 0,080

Unsere oben erwähnte Voraussetzung erwies sich als richtig. Wenn dieselbe allgemeine Formel in den Versuchen mit verschiedenen Mengen derselben Substanz sich gültig erweist, nehmen die Konstanten mit Zunahme der Speisemengen ab, wie aus der Tabelle zu ersehen ist. Es bleibt also bloß übrig, die Abhängigkeit dieser Konstanten von den entsprechenden Speisemengen aufzuklären.

Wir gingen nun von folgender Vermutung aus: Wenn verschiedene Mengen ein und derselben Speise in den Magen gelangen, so unterscheiden sie sich von einander vorerst dadurch, daß sie darin verschiedenen Umfang einnehmen. Sie erweitern also seine Wand auf diesen Umfang. Diese Umfangs-

verhältnisse dauern während der gesamten Verdauungszeit fort, denn je größer die Speisemenge, desto größer ist die Saftsekretion. Wir versuchten also zur Berechnung des Zusammenhanges zwischen den Konstanten Umfungsverhältnisse anzuwenden, d. h. die Kubikwurzelregel, und führten für den Zucker sowohl, als auch für den Stickstoff und das Fett folgende Formel ein:

$$k : k_1 : k_2 : k_3 : k_4 : k_5 \dots = \sqrt[3]{M_5} : \sqrt[3]{M_4} : \sqrt[3]{M_3} : \sqrt[3]{M_2} : \sqrt[3]{M_1} : \sqrt[3]{M}$$

Wie es aus der Tabelle ersichtlich, erhielten wir eine ziemlich befriedigende Übereinstimmung der Berechnung mit der Beobachtung: besonders nähern sich die berechneten Zahlen den beobachteten beim Fett, was damit übereinstimmt, daß das Fett auch in der Tabelle I am besten stimmte — sogar bei maximalen Pulvermengen — 200 g.

Daß es uns gelungen ist, das bunte Bild der Verdauung des komplizierten Milchpulvers durch eine einheitliche Formel darzustellen und zwar durch diejenige, welche schon in anderen analogen Fällen bei den Arrheniusschen Berechnungen als richtig erkannt worden ist, dient als bester Beweis für die Richtigkeit unserer Ausführungen. Dasselbe läßt sich auch vom Verhältnis zwischen den Konstanten und den Speisemengen sagen.