

Zur Kenntnis der Verdauungs- und Resorptionsgesetze.

III. Mitteilung.

Über die Mengenverhältnisse der Verdauungssäfte.

Von

E. S. London und N. Dobrowolskaja.

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

(Der Redaktion zugegangen am 16. Februar 1910.)

Durch die vorliegenden Versuche wollten wir über folgende Fragen Aufschluß bekommen:

1. Wie gestalten sich die quantitativen Verhältnisse zwischen der gegebenen Speise (Fleisch) und den verschiedenen Verdauungssäften, die vom Organismus zur Bearbeitung derselben abgesondert werden?

2. Wie verhalten sich in quantitativer Hinsicht die verschiedenen Verdauungssäfte untereinander?

Die Versuche sind am «polychymotischen» Hund Kastan angestellt worden. Wir gaben demselben Schabfleisch in steigenden Mengen: 12,5—25 g —50 g —100 g. Den entleerten Magenbrei beförderten wir ins Duodenum in verschiedenen Intervallen, indem wir jedesmal abwarteten, bis größere Mengen desselben zu Gebote standen. Enthielt der Magenbrei größere Fleischstückchen, so wurden letztere vor der Einspritzung durch ein feines Sieb durchgetrieben. Die einzelnen Magenbrei- resp. Säfteportionen aus der ersten und zweiten Papille wurden vor dem Zusammengießen zwecks weiterer Beförderung gemessen und nach Entnahme kleiner Analyseproben (Säuregehalt, N-Gehalt, Fermentwirkung) vermischt und in den Darm eingespritzt.

Die Säfte, welche aus den Papillen flossen, waren vollkommen rein ohne irgend welche fremdartige Beimengungen. Die geringfügigen Darmsaftmengen, die sich von der die Papille umgebende Darmfläche absonderten, konnten kaum die Volumbestimmungen beeinflussen.

Wir stellten in einem besonderen Versuche fest, daß in den Magensaft eingebrachtes und im Brutschranke während 10—12 Stunden verdautes Fleisch das Volumen der Flüssigkeit bis auf 0,9 ccm pro 1 g Fleisch steigert. Auf Grund davon war es uns möglich, mit einer gewissen Genauigkeit den Gehalt des Magensaftes im ausgeschiedenen Magenbrei zu bestimmen. Die beigemengten Speichelmengen sind zu gering, um unsere Berechnungen beeinflussen zu können.

Die gewonnenen Daten sind in der Tabelle I zusammengestellt.

Versuchsergebnisse.

Aus einem unserer früheren Versuche zog Svante Arrhenius den Schluß, daß die Absonderung des Magensaftes der Quadratwurzel der Speisemenge proportional ist. Wir versuchten also dieselbe Formel bei der rechnerischen Behandlung der am polychymotischen Hund erhaltenen Daten in Anwendung zu bringen.

Wie die Tabelle II zeigt, bewährt sich hier die Quadratwurzelregel in sehr befriedigender Weise.

Die Berechnungen sind nach der Formel:

$$M_m = k\sqrt{M_f}$$

ausgeführt, wobei k 36,1 ccm gleich gefunden ist. M_m ist die Menge des Magensaftes: M_f — die Menge des zugeführten Fleisches.

Wie bereits bekannt und wie bei den Versuchen am «polychymotischen» Hund besonders deutlich ins Auge fällt, sind die Magenentleerungen als Haupterreger der Galle resp. des Pankreassaftes anzusehen.

Da in der Tätigkeit der Verdauungsorgane, wie die Arrheniusschen Ausführungen bewiesen haben, der Funktionsgrad sich der Quadratwurzel der Erregungsgröße proportional verhält, so versuchten wir auch in diesem Falle die Verwendung der Quadratwurzelformel zu prüfen.

Wir führten also Berechnungen nach folgender Formel aus:

$$M_d = k\sqrt{M_m}$$

wo M_d — die Gesamtmenge der Duodenalsäfte (Galle und Pankreassaft): M_m — die Menge des ins Duodenum eingetretenen Magensaftes; die Konstante k hat sich gleich 10,5 ccm gezeigt.

Sobald der Magensaft samt den Verdauungsprodukten ins Duodenum gelangt, ruft er, wie es die Versuche am polychymotischen Hund augenscheinlich ergeben, zuerst, und zwar meistens fast momentan eine Sekretion aus der ersten Papille hervor und dann erst folgt die Sekretion aus der zweiten Papille. Der Magenbrei wird mit den secernierten Duodenalsäften (Galle, Pankreassaft und Darmsaft) vermischt und weiter befördert. Wie aus den entsprechenden Daten der Tabelle I ersichtlich, bleibt dabei die Reaktion (auf Lacmoid) entweder stark sauer, mitunter wird sie neutralisiert, oft aber in alkalische umwandelt. Auch im letzteren Falle folgt die Sekretion aus den Galle- und Pankreasgängen. Die Salzsäure ist also nicht die einzige causa efficiens der Duodenalsäftesekretion. Es drängt sich nun die Frage auf, ob vielleicht die Beimischung der Duodenalsäfte wesentlich die obenerwähnte Quadratwurzelformel ändert.

Die Tabelle IV zeigt aber deutlich, daß die Formel hier gültig bleibt. Bedeutet nun M_d die Menge der Duodenalsäfte, und M_{m+d} die Menge des in den Darm gelangenden Chymusgemisches, so bekommt man nach der Formel:

$$M_d = k\sqrt{M_{m+d}}$$

berechnete Zahlen, welche mit den beobachteten vorzüglich übereinstimmen. Die Beimischung der Duodenalsäfte hat nur die Konstante k von 10,5 ccm bis 8,55 ccm herabgesetzt.

In der III. und IV. Tabelle sind Mittelwerte der Parallelversuche genommen.

Eigentlich sollte man die genannte Gesetzmäßigkeit auch für die Zahlen, welche sich auf die einzelnen Einspritzungen beziehen, gültig finden. In der ausgeführten Versuchsserie ist dies aber nicht der Fall. Die Verhältnisse scheinen hier zu kompliziert zu sein. Es sind dazu noch mehrere einfachere Versuche erforderlich, die wir in nächster Zeit ausführen wollen. Wendet man sich aber zu den ersten Einspritzungen,

Tabelle I.

Nummer des Versuches	Verdauungszeit in Stunden	Menge des Speisebreies in ccm	Menge in g des ins Duodenum beförderten Gemisches	Säuregehalt $n/10$	N in g	Menge in ccm des Saftes aus der ersten Papille	N in g	Menge in ccm des Saftes aus der zweiten Papille	N in g
100 g Fleisch (= 3,102 g N).									
I.	1/2	40	—	—	—	12	—	12	0,032
	1	75	51	12,8	0,179	27	—	27	0,073
	1 1/2	71	100	20,0	0,490	10	—	10	0,027
	2	68	80	28,0	0,728	29	—	29	0,078
	2 1/2	52	96	14,4	0,726	7	—	7	0,019
	3	50	58	20,3	0,390	7	—	7	0,019
	3 1/2	38	55	13,8	0,439	12	—	12	0,032
	4	32	48	14,4	0,403	9	—	9	0,024
	5 3/4	50	40	8,0	0,252	16	—	16	0,043
6 1/4	—	50	2,8	0,898	—	—	—	—	
(Zusammen)		476			4,505			129	0,347
100 g Fleisch (= 3,087 g N).									
II.	1/2	93	—	—	—	3	0,014	11	0,038
	1	145	95	38,0	0,599	25	0,113	43	0,145
	1 1/2	105	170	17,0	1,023	10	0,045	17	0,058
	2 1/2	40	100	30,0	0,700	15,5	0,069	11	0,035
	5	68	45	22,5	0,328	21	0,095	36	0,126
	6	—	110	11,0	0,462	—	—	2	0,007
(Zusammen)		451			3,112	74,5	0,336	120	0,407
50 g Fleisch (= 1,864 g N).									
III.	1/2	86	—	—	—	—	—	13	0,046
	1	95	95	47,5	0,559	25	0,082	40	0,142
	1 1/2	37	130	13,0	0,819	—	—	12	0,043
	2 1/2	39	47	4,7	0,408	—	—	18	0,064
	3 1/2	30	50	20,0	0,385	14	0,045	30	0,107
	4 1/2	16	73	7,3	0,429	7,5	0,025	18	0,064
(Zusammen)		303			2,600	46,5	0,152	131	0,466

Tabelle I.

Fortsetzung.

Num- mer des Ver- suches	Ver- dauungs- zeit in Stunden	Menge des Speise- breies in ccm	Menge in g des ins Duodenum be- förderten Gemisches	Säure- gehalt n/10	N in g	Menge in ccm des Saftes aus der ersten Papille	N in g	Menge in ccm des Saftes aus der zweiten Papille	N in g	
50 g Fleisch (= 1,673 g N).										
IV.	1/2	75	—	—	—	—	—	13	0,039	
	1	85	74	29,6	0,414	41	0,168	16	0,050	
	1 1/2	46	125	31,3	0,875	3,5	0,004	28	0,078	
	2 1/2	35	73	0	0,450	0	—	2	0,006	
	4 1/3	46	36	25,2	0,252	12	0,048	15	0,038	
(Zusammen)	—	287	62	12,4	0,373	27	0,096	7	0,019	
					2,364	83,5	0,316	81	0,230	
25 g Fleisch (= 0,854 g N).										
V.	1/2	50	—	—	—	—	—	9	0,033	
	1	33	55	27,5	0,131	20	0,068	26	0,046	
	1 1/2	43	70	—	21,0	0,333	6	0,023	6	0,021
	2 1/2	23	53	26,5	0,312	6,5	0,014	16	0,052	
	3 1/2	35	38	5,7	0,223	16	0,046	15	0,053	
	5	25	60	18,0	0,353	10	0,034	8	0,035	
(Zusammen)	—	209	35	10,5	0,206	12	0,041	4	0,012	
					1,558	70,5	0,224	84	0,252	
25 g Fleisch (= 0,830 g N).										
VI.	1/2	92	—	—	—	—	—	11	0,060	
	1	45	90	63,0	0,428	57	0,189	12	0,028	
	2	30	80	—	4,5	0,426	2,7	0,009	4	0,010
	4 1/2	32	34	20,4	0,190	0	—	15	0,056	
	—	—	35	17,5	0,196	25	0,120	1	0,004	
(Zusammen)	—	199	—	—	—	—	—	43	0,158	
					1,240	84,7	0,318	43	0,158	
12,5 g Fleisch (= 0,447 g N).										
VII.	1/2	49	—	—	—	—	—	9	0,023	
	1	30	56	19,6	0,204	17	0,078	25	0,063	
	1 1/2	15	64	—	3,6	0,322	6	0,024	21	0,053
	2 2/3	22	37	—	9,3	0,176	0	—	8	0,020
(Zusammen)	—	116	26	13,0	0,091	7	0,024	13	0,033	
					0,793	30	0,126	76	0,192	

Tabelle I.

Fortsetzung.

Num- mer des Ver- suches	Ver- dauungs- zeit in Stunden	Menge des Speise- breies in ccm	Menge in g des ins Duodenum be- förderten Gemisches	Säure- gehalt n/10	N in g	Menge in ccm des Saftes aus der ersten Papille	N in g	Menge in ccm des Saftes aus der zweiten Papille	N in g
VIII.	1/2	43	—	—	—	—	—	7	0,021
	1	30	42	21,0	0,235	10	0,051	28	0,069
	2	25	50	— 7,5	0,259	0	—	13	0,046
	2 3/4	25	25	10,0	0,151	10	0,047	24	0,082
	—	—	35	— 10,5	0,221	0	—	1	—
(Zusammen)		123			0,866	20	0,098	73	0,218

Tabelle II.

Menge des Fleisches in g	Menge des Magensaftes in ccm		
	beobachtet	berechnet	Differenz
100	361	361	0
100	386	361	+ 25
50	258	255	+ 3
50	242	255	— 13
25	186	181	+ 5
25	176	181	— 5
12,5	105	128	— 23
12,5	112	128	— 14

Tabelle III.

Menge des Magen- saftes in ccm	Menge der Duodenalsäfte in ccm		
	beob.	ber.	Diff.
356	195	198	— 3
245	172	164	+ 8
176	142	139	+ 3
105	100	108	— 8
			+11
			—11

Tabelle IV.

Menge der Gesamt- säfte in ccm	Menge der Duodenalsäfte in ccm		
	beob.	ber.	Diff.
520	195	195	0
373	172	165	+ 7
275	142	142	0
168	100	113	— 13

Tabelle V.

Menge des Magen- breies in ccm	Menge der Duodenalsäfte in ccm		
	beob.	ber.	Diff.
92	68	68	0
90	69	71	-2
85	65	65	0
74	67	61	+6
49	46	48	-6
48	42		
42	38		

Tabelle VI.

Menge des Nahrungs- stickstoffs in g	Menge des Duodenal- säftestickstoffs in g		
	beob.	ber.	Diff.
3,087	0,74	0,88	-0,14
1,864	0,62	0,68	-0,06
1,673	0,55	0,65	-0,10
0,854	0,48	0,46	+0,02
0,830	0,48	0,45	+0,03
0,447	0,32	0,33	-0,01
0,422	0,32	0,32	0

wo die Verhältnisse sich noch nicht verwickelt haben, so läßt sich, wie aus der Tabelle V ersichtlich, die Gültigkeit der Quadratwurzelregel beweisen.

Die Berechnungen sind nach derselben Formel wie bei der vorigen Tabelle ausgeführt, wobei k gleich 7,05 sich erwiesen hat.

Aus der Tabelle VI ist zu ersehen, daß der Stickstoff der Duodenalsäfte nach dem Speisestickstoff geregelt wird und zwar wieder nach der Quadratwurzelformel:

$$N_d = k\sqrt{N_p} \text{ wobei } k = 0,5.$$

Schlüsse.

1. Die Magensaftabsonderung paßt sich nach der Quadratwurzelformel den gegebenen Fleischmengen an.

2. Die Menge der gesamten Duodenalsäfte entspricht der Menge des Magensaftes nach der Quadratwurzelregel.

3. Der Duodenalsäftestickstoff wird nach der Quadratwurzelregel dem gegebenen Fleischstickstoff angepaßt.

Wir werden dieselben Verhältnisse noch an anderen Hunden auch bei anderen Speisearten weiter studieren.