

Ueber den Einfluss der Hydroxylionen auf die tryptische Verdauung.

Von
Aristides Kanitz.

Aus dem chemischen Laboratorium des physiologischen Instituts der Universität Leipzig.
(Der Redaction zugegangen am 30. October 1902.)

Vor einigen Jahren hatte Herr Albert Dietze¹⁾ auf Veranlassung von Herrn Prof. Siegfried die tryptische Verdauung in Lösungen der Erdalkalihydroxyde untersucht, und ich möchte an die von ihm erhaltenen Resultate einige Bemerkungen knüpfen. Da die genannte Untersuchung nur als Inaugural-Dissertation erschienen ist, werde ich dem Wunsche des Herrn Prof. Siegfried entsprechend etwas ausführlicher darüber referiren, als es zum unbedingten Verständniss meiner, an die Untersuchung zu knüpfenden Bemerkungen nöthig wäre.

Das Ziel der Untersuchung war, festzustellen, bei welchen Concentrationen von $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Sr}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ die optimale Verdauung vor sich geht. Um dies zu bestimmen, ist folgende Versuchsmethode verwendet worden. Es wurden in einer Anzahl Kölbchen in je 15 cem Flüssigkeit bei 37—40° C. Fibrinflocken verdaut, wobei die Concentration des Enzyms (eine 1%ige neutrale bzw. ganz schwach sauer reagirende Lösung von Pancreatin der Firma Parke, Davis & Co., Detroit) überall dieselbe war, die Concentration des Hydroxyds jedoch variiert wurde. Die Verdauungen wurden zur gleichen Zeit unterbrochen, vom ungelöst gebliebenen Fibrin abfiltrirt und ihr Gehalt an Stickstoff nach Kjeldahl bestimmt. Es wurde angenommen, dass das Optimum der Verdauung bei derjenigen Concentration der Lösung an Hydroxyd ist, bei welcher das Maximum an Stickstoff gefunden worden ist.

Die erhaltenen Resultate sind in gedrängter tabellarischer Form die folgenden. Hierin bedeutet % die Concentration

1) Einfluss von Baryumoxydhydrat, Calciumoxydhydrat, Strontiumoxydhydrat auf die tryptische Verdauung; Inaug.-Dissertation von Albert Dietze, Leipzig, 1900.

der Lösung an Hydroxyd, S_1 , S_2 , S_3 etc. die in den einzelnen Versuchsreihen gefundenen absoluten Eiweissmengen in Milligrammen, indem die gefundenen Stickstoffmengen mit 6,01 multiplicirt worden sind, welcher Factor sich aus dem von Dumas und Cahours ermittelten N-Gehalt des Fibrins (16,63%) ergibt.

Herr Dietze hat in seinen Tabellen die Concentrationen in Procenten ausgedrückt, doch halte ich es für richtig, die Concentrationen der Lösungen in Molen auszudrücken, schon der Uebersichtlichkeit halber, und es bedeutet l die von mir aus den Dietze'schen Daten berechnete Anzahl Liter, worin ein Mol des Hydroxyds gelöst ist.

Tabelle.

%	l	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Baryumhydroxyd.							
0,00	—	28,19	—	—	—	—	—
0,03	570,00	—	56,79	67,73	—	—	—
0,06	285,00	—	108,12	95,08	46,70	—	—
0,075	228,00	117,80	—	—	50,90	—	—
0,09	189,96	—	106,44	106,44	45,86	—	—
0,12	142,50	—	107,28	88,75	—	—	—
0,15	114,00	120,35	—	97,60	14,17	—	—
0,18	95,00	120,32	79,51	63,53	27,35	—	—
0,195	87,70	—	—	53,43	21,46	—	—
0,21	81,42	—	34,05	53,43	—	—	—
0,225	76,00	75,30	—	—	—	—	—
0,24	71,24	—	43,33	19,77	—	—	—
0,27	63,34	—	19,35	17,25	—	—	—
0,3	57,12	15,37	15,57	—	—	—	—
0,375	45,60	13,04	—	—	—	—	—
0,45	38,00	13,04	—	—	—	—	—
0,6	28,50	13,04	—	—	—	—	—
0,75	22,80	13,88	—	—	—	—	—
1,5	11,40	26,08	—	—	—	—	—

‰	I	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Strontiumhydroxyd.						
0.00773	1565.20	—	—	—	39.13	—
0.0116	1043.20	—	—	64.79	—	—
0.0155	780.60	—	—	—	42.00	—
0.0193	627.00	—	73.20	88.35	—	—
0.0232	521.60	—	—	—	64.79	—
0.031	390.40	—	—	—	70.25	—
0.0387	312.60	106.44	87.51	82.46	66.89	61.42
0.0464	260.80	—	—	—	—	70.68
0.058	208.00	—	—	103.07	—	76.10
0.0696	173.84	—	—	—	—	63.53
0.0773	156.52	108.96	98.44	102.65	87.51	82.00
0.085	142.38	—	—	—	—	82.00
0.0966	139.72	—	—	85.82	—	69.42
0.108	112.04	—	—	—	—	63.58
0.116	104.32	93.40	91.29	90.45	—	64.79
0.155	78.04	31.97	44.17	41.65	—	—
0.193	72.70	27.35	17.25	—	—	—
0.232	52.12	13.04	—	—	—	—
0.27	45.20	—	—	—	—	—
0.309	39.16	8.41	—	—	—	—
Calciumhydroxyd.						
0.00675	1096.40	—	—	43.33	—	—
0.0135	548.00	—	—	71.10	—	—
0.02	370.00	—	—	84.98	81.62	—
0.027	274.20	—	73.62	87.51	92.13	—
0.0338	218.80	74.46	97.18	100.55	103.91	—
0.0405	181.88	—	—	127.05	87.93	—
0.0439	168.56	—	—	—	119.06	—
0.0473	156.44	66.05	75.30	122.85	108.96	—
0.054	137.04	73.83	83.30	108.12	120.74	—
0.06	123.34	58.48	67.31	—	—	—
0.0675	107.08	38.28	33.24	81.20	71.10	—
0.0743	99.60	20.61	—	—	—	—
0.081	91.36	23.14	26.50	—	—	—
0.1013	73.12	15.57	—	—	—	—

Wie man aus diesen Tabellen ersieht, ist das Optimum der Verdauung in Lösungen aller drei Hydroxyde bei ungefähr gleicher Concentration, nämlich ca. $\frac{1}{140} - \frac{1}{300}$ mol. normal gefunden worden. Da dieses Resultat bewiesen hatte, dass die Wirkung lediglich an die OH-Gruppen gebunden ist, hat Herr Dietze zum Vergleich die Verdauung auch in einigen Kaliumcarbonatlösungen untersucht und gefunden, dass das Optimum in diesem Fall erst bei einer etwa zehnmal so grossen Concentration eintritt, nämlich zwischen $\frac{1}{13,8} - \frac{1}{20}$ mol. normal. Herr Dietze glaube demzufolge die Zusammenfassung seiner Resultate folgendermaassen formuliren zu müssen: «Man kann wohl sagen, dass innerhalb der Gruppe der alkalischen Erden die Beschleunigung lediglich durch die Hydroxylgruppen bedingt wird, dass aber K_2CO_3 sich in seiner Einwirkung auf das Trypsinferment wesentlich anders verhält.»

Wollen wir bei Betrachtung obiger Resultate uns die Errungenschaften der allgemeinen Chemie zu Nutzen ziehen, so werden wir folgende Ueberlegungen machen. Die Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit sowie vieler anderer physikalischen Constanten der Erdalkalihydroxydlösungen hat ergeben, dass dieselben stark dissociirt sind, und zwar ungefähr gleich stark, so dass wir sie bei den Concentrationen, worin sie die optimale Beschleunigung der tryptischen Verdauung ausüben, als vollständig in ihre Ionen zerfallen ansehen können, ohne einen irgend erheblichen Fehler zu machen. Diese Concentration ist aber nach Herrn Dietze bei allen drei Erdalkalihydroxyden ein und dieselbe, nämlich $\frac{1}{140} - \frac{1}{300}$ mol. normal. Demzufolge ist das Kation ohne Einfluss auf die Verdauung. Wir können also sagen, die optimale tryptische Verdauung geht in Lösungen der Erdalkalihydroxyde bei einer

Concentration der Lösung vor sich, welche in Bezug auf Hydroxylionen $\frac{1}{70} - \frac{1}{150}$ normal ist. Denn die Lösungen sind in Bezug auf $\text{Ba}(\text{OH})_2$ etc. $\frac{1}{140} - \frac{1}{300}$ mol. normal, in Bezug auf ihre Hydroxylionen aber doppelt so stark normal, da ein Mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$ in ein Mol zweiwerthige Ba'' -ionen, jedoch in zwei Mol einwerthige OH' -ionen zerfallen ist.

Wie ist dagegen Kaliumcarbonat in seinen Lösungen vorhanden? Kaliumcarbonat ist das Salz einer schwachen Säure, deren Dissociationsconstante sich derjenigen des Wassers nähert, und welches demzufolge in seinen Lösungen hydrolytisch gespalten wird. John Shields¹⁾ hat durch Messung der Verseifungsgeschwindigkeit der Ester gefunden, dass Natriumcarbonat in einer 0,0477 mol. normalen Lösung auf 4,87 % hydrolysiert ist, und dass bei dieser Concentration das in der Lösung befindliche freie Alkali 0,00465 Mol beträgt. Mit anderen Worten ist eine $\frac{1}{20}$ mol. normale Natriumcarbonatlösung in Bezug auf Hydroxylionen ca. $\frac{1}{200}$ normal. Derselbe Forscher hatte gefunden, dass bei hydrolysierten Salzen die Menge des freien Alkalis, welches in den Salzlösungen zugegen ist, annähernd proportional der Quadratwurzel aus der Concentration des Salzes ist. Hieraus habe ich berechnet, dass eine $\frac{1}{13,8}$ mol. normale Natriumcarbonatlösung auf 3,61 % hydrolysiert wird, mithin wiederum ca. $\frac{1}{200}$ normal in Bezug auf Hydroxylionen ist. Der Hydrolyisationsgrad von Kaliumcarbonat ist mit dem von Natriumcarbonat gleich, und so finden wir, dass, wenn Herr Dietze die optimale Beschleunigung der tryptischen Verdauung in K_2CO_3 -Lösungen bei $\frac{1}{13,8} - \frac{1}{20}$ mol. normal

1) Zeitschr. f. physikalische Chemie, Bd. XII, S. 167, 1893. John Shields, Ueber Hydrolyse in wässrigen Salzlösungen.

gefunden hat. dieselbe in Lösungen vor sich gegangen war, welche in Bezug auf Hydroxylionen $\frac{1}{200}$ normal waren. Somit ist der grosse Unterschied zwischen dem Verhalten der Kaliumcarbonat- und Erdalkalihydroxydlösungen gehoben, und ich möchte das Resultat der referirten Abhandlung dahin zusammenfassen: Den optimalen Verlauf nimmt die tryptische Verdauung in Lösungen, welche in Bezug auf Hydroxylionen $\frac{1}{70}$ — $\frac{1}{200}$ normal sind.