(Aus dem chemischen Laboratorium des physiologischen Instituts zu Breslau.)

Zur Kenntniss der Resorption einfacher, im besonderen stereoisomerer Zucker im Dünndarm.

Von

Junzo Nagano.

(Mit 1 Textfigur.)

Auf Grund seiner Versuche über die Resorption von Kochsalzlösungen und Blutserum war R. Heidenhain¹⁾ bekanntlich zu der Anschauung gelangt, dass zur Erklärung der Resorption im Dünndarm die Gesetze der Osmose nicht ausreichen, dass man vielmehr noch zur Annahme besonderer Triebkräfte, die ihren Sitz in den Zellen der Darmschleimhaut haben, gezwungen sei.

Seit den Arbeiten Heidenhain's sind eine Reihe von Untersuchungen erschienen, durch welche neue Gesichtspunkte für die Beurtheilung des „physikalischen Factors“ der Resorption gewonnen worden sind. Es sei nur hingewiesen auf die Beobachtungen von Max Oker-Blom²⁾, die zeigen, welche Bedeutung für das Verständniss des Resorptionsvorganges die Vorstellungen haben, die wir uns von der Beschaffenheit der resorbirenden Membran machen, ferner auf die Arbeiten von R. Höber³⁾, durch welche die Aufmerksamkeit auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften der zu resorbirenden Lösung gelenkt wird. Er gibt an, dass die Geschwindigkeit, mit welcher verschiedene Salze im Dünndarm resorbirt werden, im Verhältniss ihrer Diffusionsgeschwindigkeiten steht.

Auch über die Resorption verschiedener Zucker stellte Höber eine Anzahl von Versuchen an. „Der Traubenzucker wird viel lang-

1) Dieses Archiv Bd. 56 S. 629. 1894.

2) Dieses Archiv Bd. 85 S. 543. 1901.

3) Dieses Archiv Bd. 74 S. 246. 1899.

samer als Kochsalz, ziemlich erheblich schneller als Magnesiumsulfat resorbiert, die dem Traubenzucker isomere Galaktose ungefähr ebenso schnell wie der Traubenzucker und die Saccharbiosen Rohrzucker und Milchzucker langsamer als die beiden Monosen.“

Für die Resorption der Zucker ist nach Höber die Diffusionsgeschwindigkeit ebenfalls von Bedeutung; denn der Traubenzucker, welcher langsamer als der Rohrzucker diffundiert, wird auch langsamer resorbiert. Auch die von ihm beobachtete geringere Resorptionsgeschwindigkeit des Traubenzuckers im Vergleich zum Kochsalz steht in Uebereinstimmung mit dieser Auffassung.

Daneben kommt aber, wie Höber ausführt, noch ein zweites Moment in Betracht, das Konzentrationsgefälle. Je schneller der Zucker aus der Darmwand verschwindet, je grösser der Unterschied zwischen der Concentration der Lösung im Darm und dem Gehalt der Darmwand an resorbierter Substanz ist, um so schneller wird die Diffusion in die Darmwand hinein erfolgen.

Die Abfuhr des Zuckers aus der Darmwand kann durch verschiedene Umstände beeinflusst werden, unter Anderem durch die Leichtigkeit, mit der die Zellen der Darmschleimhaut den Zucker aufnehmen und verarbeiten.

Welche Rolle die Darmschleimhaut bei der Resorption der Zucker im Vergleich zu den Diffusionsgeschwindigkeiten spielt, lässt sich aber bisher nicht erkennen. Einen Anhalt zu ihrer Beurtheilung könnte man jedoch gewinnen, wenn man die Resorption verschiedener einfacher Zucker vergliche. Man darf wohl annehmen, dass die Diffusionsgeschwindigkeiten derselben keine grossen Unterschiede zeigen, weiss aber, dass ihr Verhalten gegenüber den Vorgängen in den lebenden Zellen sehr verschieden ist.

So wissen wir, dass die Zucker mit drei, sechs und neun Kohlenstoff-Atomen gärungsfähig sind, die mit fünf und sieben dagegen nicht, dass ferner die Pentosen weit schwieriger im Organismus verbrennen als die Hexosen. Innerhalb derselben Gruppe würden ferner die stereoisomeren Zucker zu prüfen sein, und zwar erstens diejenigen, bei denen die Gestalt des Moleküls sich verhält wie Bild und Spiegelbild, d. h. die d- und l-Reihen. Nur die ersteren sind gärungsfähig, und auch im Stoffwechsel der Thiere zeigen beide Reihen Unterschiede, wie sich aus dem Verhalten der Arabinosen ergibt, die im Laboratorium E. Salkowski's von C. Neuberg

und J. Wohlgemuth¹⁾ untersucht wurden. Weiterhin wäre der Einfluss der anderen Configurationen festzustellen. Von den verschiedenen Hexosen z. B. ist es bekannt, dass ihre Assimilationsgrenze²⁾ im thierischen Organismus nicht die gleiche ist. Es wurde, um ein Beispiel anzuführen, nach Versuchen von G. Rosenfeld³⁾ die Dextrose im Organismus völlig verbrannt, während bei Darreichung gleicher Mengen von Galaktose 16 %, von der Mannose 20 % unverändert durch den Harn ausgeschieden wurden. Ein analoger Unterschied scheint auch bei den Pentosen zwischen Xylose und Arabinose zu bestehen.

Wie verhalten sich diese verschiedenen einfachen Zucker bei ihrer Resorption im Darm?

Der Ausführung einer solchen Untersuchung in vollem Umfange steht nur eine Schwierigkeit entgegen, nämlich die Beschaffenheit der Zucker, besonders auch in den erforderlichen Mengen.

Man muss sich vorläufig darauf beschränken, die Versuche mit den am leichtesten zugänglichen Zuckern anzustellen. Das sind von Aldohexosen die d-Glucose, die d-Galaktose und d-Mannose, von Ketosen die d-Fructose, von Aldopentosen die l-Arabinose und l-Xylose.

Bevor ich meine Versuche beschreibe, die ich auf Anregung und mit Unterstützung von Prof. F. Röhm ann ausführte, will ich nicht zu erwähnen unterlassen, dass ausser von Hö b e r auch von E. Hédon⁴⁾ eine hierher gehörige Versuchsreihe veröffentlicht worden ist. Hédon füllte in Darmschlingen von Kaninchen gleiche Mengen einer mit dem Blutserum annähernd isotonischen Zuckerlösung und bestimmte nach zwei Stunden die Menge des im Darm noch vorhandenen Zuckers. Dabei fand er, dass Glucose und Galaktose besser als Arabinose und bei Weitem besser als Raffinose resorbirt wurden.

Methode der Untersuchung.

Die Resorptionsversuche im Darm können bekanntlich in zweierlei Weise angestellt werden. Man kann die zu untersuchende Flüssig-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 34 S. 1745. 1901.

2) Vgl. F. Hofmeister, Arch. f. exp. Path. Bd. 25 S. 240. 1889.

3) Centralbl. f. innere Med. 1900 Nr. 7.

4) Compt. rend. de la Soc. de Biol. t. 52 p. 29, 41, 87. 1900.

keit in abgebundene Darmschlingen hineinbringen und nach einer bestimmten Zeit den Darminhalt untersuchen; oder man stellt die Versuche an Hunden mit Vella'scher Darmfistel an. Beide Methoden haben ihre Vortheile, beide ihre Nachtheile¹⁾. Die erstere erfordert ein grosses Thiermaterial; die Narkose, die Eröffnung der Bauchhöhle, die Manipulationen mit der Schlinge können immerhin die Resorption in uncontrolirbarer Weise beeinflussen. Es erscheint mir ferner wegen der wechselnden Contraction des Darmes unmöglich, bei der Operation die Länge des Darmstückes, in welcher die Resorption vor sich gehen soll, mit der erforderlichen Genauigkeit festzustellen. Bei den Vella-Fisteln kommt die Schlinge erst zur Benutzung, nachdem sie eine bestimmte Zeit ihrer normalen Function entzogen war. Die Darmschleimhaut der Schlinge kann sich mit der Zeit verändern, besonders da sich meist früher oder später ein „katarrhalischer Zustand“ der Schleimhaut einstellt, der sich in einer geringen Herabsetzung der Resorptionsfähigkeit und in einer Neigung zur Hypersecretion zu erkennen gibt. Die Gefahren, die hierdurch drohen, lassen sich aber vermeiden. Handelt es sich um den Vergleich von Lösungen, die an sich nicht reizend wirken, so braucht man nur die Reihenfolge der Versuche in entsprechender Weise zu wechseln, um vergleichbare Resultate zu erhalten. Der Vortheil, dass man an demselben Thiere ohne Narkose und stets an derselben Darmschlinge unter gleichen Bedingungen die Versuche anstellen kann, erschien so gross, dass zu den folgenden Versuchen nur Hunde mit Vella'scher Darmfistel benutzt wurden.

Hund I, operirt am 22. April, getödtet am 29. Juli 1901. Nahtstelle des Darmes 230 cm vom Pylorus, 7 cm vom Coecum entfernt. Länge des ausgeschalteten Darmstückes 22 cm. — Körpergewicht: Am 9. Mai 1901 12,05 kg, 17. Mai 13,5 kg, 12. Juni 14 kg, 28. Juli 15,3 kg.

Hund II, operirt am 21. Mai, wegen Darmprolaps getödtet am 28. Juni 1901. Nahtstelle 20 cm vom Pylorus, 126 cm vom Coecum entfernt. Länge des ausgeschalteten Darmstückes 24 cm. — Körpergewicht: Am 5. Juni 14,3 kg, 26. Juni 15,3 kg.

Hund III, operirt am 2. Juli, getödtet am 30. Juli 1901. Nahtstelle 63,5 cm vom Pylorus, 160 cm vom Coecum entfernt. Länge des ausgeschalteten Darmstückes 18 cm. — Körpergewicht: Am 10. Juli 1901 12,2 kg, 28. Juli 12,0 kg.

1) Vgl. Waymouth Reid. The Journ. of Physiology vol. 19 p. 240. 1895.

Hund IV, Nahtstelle 50 cm vom Pylorus, 210 cm vom Coecum entfernt. Länge des herausgeschnittenen Darmstückes 27 cm.

Bei allen Versuchen, die an diesen Hunden angestellt wurden, wurde in folgender Weise verfahren.

Die nach vorne gelegene Fistelöffnung wurde durch einen Gummiballon, der sich mit Wasser aufspritzen liess, verschlossen. In die hintere Fistelöffnung wurde eine Tamponcanüle eingeführt. Dieselbe bestand aus einem Metallrohr von 14 cm Länge und 4—5 mm lichtem Durchmesser; bei *a* und *b* waren zwei etwa 1 mm dicke und 5 mm breite mit Riefen versehene Streifen aufgelöthet, auf welche ein dünnes, cylindrisches Stück Gummi (aus einem Handschuhfinger geschnitten) aufgebunden wurde. Durch *b* geht ein dünnes Röhrchen, das an seinem Ende durch einen kleinen Hahn verschliessbar ist. An *d* fügt man mittelst eines Stückchens Gummischlauch eine mit Wasser gefüllte Spritze, treibt das Wasser zwischen Canüle und Gummiblase und schliesst den Hahn. Ueber das Ende *c* der Canüle zieht man einen kurzen Gummischlauch, der durch einen Quetschhahn verschlossen werden kann. Man verbindet denselben durch ein Glasröhrchen mit einem längeren Stück Gummischlauch, der zu einer Bürette führt, füllt Bürette und Schlauch mit der Flüssigkeit, welche resorbiert werden soll, und lässt bei demselben Hunde stets die gleiche Menge Flüssigkeit in die Fistel einfließen. In der Canüle und dem Schlauch bleiben hierbei, gewissermaassen in einem todten Raum, 0,5—1 ccm. Der Verschluss ist ein vollkommener; einige Tropfen, welche während des Versuches von der Fistelöffnung herunterfallen, rühren von Darmsaft her, welcher von der nach aussen von den Verschlussstücken liegenden Schleimhaut unter dem Einfluss des von ihnen ausgeübten Druckes secernirt wird.

Der Hund stand während des ganzen Versuches ruhig in einem geeigneten Gestell. Jedesmal nach demselben wurde er, und zwar stets mit demselben Futter (200 g Fleisch und 1—2 Hundekuchen) gefüttert. Die Versuche sind also sämtlich im nüchternen Zustande des Thieres angestellt.

Nach einer bestimmten Zeit — im Allgemeinen nach einer Stunde — wurde die Flüssigkeit herausgelassen und gemessen. In allen Versuchen nach dem 7. Mai 1901 wurde zu Ende des Versuches die Fistel mit 0,5%iger Kochsalzlösung ausgespült. In dem Ausgeflossenen wurde die Alkaleszenz bestimmt, indem aus einer Bürette $\frac{1}{10}$ Normalschwefelsäure (1 ccm = 4,0 mg Na_2CO_3) bis zum Verschwinden der Blaufärbung von rothem Lackmoidpapier hinzugefügt wurde. Erhitzt man die so neutralisirte Flüssigkeit zum Sieden, so coagulirt das Eiweiss und lässt sich durch Filtration entfernen. Schneller und sicherer wird Letzteres erreicht, wenn man nach der Neutralisation eine bestimmte Menge von essigsaurem Natrium und Eisenchlorid zur Flüssigkeit hinzugefügt und dann zum Sieden erhitzt.

In der von Eiweiss befreiten Flüssigkeit wurde der Zucker durch Titiren mit Knapp'scher Lösung bestimmt. Der Titer wurde für jeden Zucker empirisch festgestellt.

Versuche.

A. Resorption von Hexosen.

1. d-Glucose.

Es kam reiner krystallisirter Traubenzucker von C. A. F. Kahlbaum in Berlin zur Verwendung.

Versuche an Hund I.

	Datum 1901								
	7. Mai		8. Mai	10. Mai	17. Mai	9. Mai	11. Juli	19. Juli	10. Juli
Traubenzuckerlösung	1 %	2 %	5 %	5 %	6 %	7,5 %	5 %	6 %	7,5 %
Eingefüllt ccm . .	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ausgeflossen " . .		nichts			10	17	9,5	17	14,5
Alkaleszenz ¹⁾ . .	—	—	—	—	0,9	2,35	2,6	7,2	6,9
Traubenzucker,									
eingefüllt g . .	0,3	0,6	1,5	1,5	1,8	2,25	1,5	1,8	2,25
ausgeflossen g . .	—	—	—	—	0,434	0,686	0,41	0,541	1,14
resorbirt g . .	—	—	—	—	1,36	1,56	1,09	1,26	1,11
resorbirt . .	—	—	—	—	75,8 %	69 %	73 %	70 %	50 %
Wasser, resorbirt . .	—	—	—	—	66 %	43 %	71 %	43 %	18 %

1) Alkaleszenz bedeutet Cubikcentimeter $\frac{1}{10}$ Normal-Schwefelsäure. Bei der Berechnung der Wasserresorption wurde die Secretion von Darmsaft nicht berücksichtigt.

Die Resorption des Traubenzuckers und Wassers war in den Versuchen aus dem Juli schlechter als in denen vom Mai; auch die Secretion von Alkali war wesentlich erhöht, beides ein Zeichen dafür, dass die Darmschlinge sich nicht mehr in einem völlig normalen Zustand befand.

Versuche an Hund III.

	D a t u m 1901		
	20. Juli	22. Juli	19. Juli
Traubenzucker	5 %	5 %	6 %
Eingefüllt ccm.	30	30	30
Ausgeflossen „	14,5	15,0	18,0
Alkalescenz	1,35	1,1	1,5
Traubenzucker, eingefüllt g . .	1,5	1,5	1,8
„ ausgeflossen g	0,526	0,554	0,820
„ resorbirt g	0,974	0,946	0,980
„ „ g	65 %	63 %	54,4 %
Wasser, resorbirt	51 %	50 %	40,0 %

In diesen an Hund III angestellten Versuchen wurde weniger Traubenzucker resorbirt als bei Hund I. Der Grund war, wie die Section ergab, nur der, dass die Darmschlinge kürzer war als die von Hund I, nämlich 18 cm gegenüber 22 cm. Ein Vergleich der Resorption im oberen und unteren Theile des Darmes ist auf Grund dieser Versuche nicht möglich. Beachtenswerth ist die geringe Alkalescenz im oberen Theile des Darmes, die auch nicht zunimmt, als mit steigender Concentration der Zuckerlösung die procentische Zucker- und Wasserresorption sinkt.

2. d-Galaktose.

Die Galaktose war aus Milchzucker durch Inversion mit Salzsäure gewonnen worden. Ihre Reinheit wurde durch Bestimmung des Drehungsvermögens controlirt. Es betrug $[\alpha]_{20}^D + 79,3^\circ$.

Versuche an Hund I.

Von einer 2 und 5%igen Galaktoselösung wurden 30 ccm vollkommen resorbirt.

13. Mai 1901. Es wurden in die Darmschlinge eingefüllt 30 ccm einer 7,5%igen Galaktoselösung. Es flossen aus 7 ccm mit einer Alkalescenz von 1,2. Das Ausgeflossene enthielt 0,37 g Galaktose. Resorbirt war 83,5 % Galaktose und 76 % Wasser.

Versuche an Hund II.

	Datum 1901	
	12. Juni	17. Juni
Galaktoselösung	7,5 %	10 %
Eingefüllt	30 ccm	30 ccm
Ausgeflossen	4,0 ccm	19 ccm
Alkaleszenz	0,5	2,6
Galaktose, eingefüllt	2,25 g	3,00 g
„ ausgeflossen	0,104 g	0,60 g
„ resorbirt	2,14 g	2,40 g
„ „	95 %	80 %
Wasser, resorbirt	86 %	37 %

Versuche an Hund III.

24. Juli 1901. In die Darmschlinge wurden eingefüllt 30 ccm einer 7,5%igen Galaktoselösung, d. h. 2,25 g Galaktose.

Es flossen 24 ccm aus mit einer Alkaleszenz von 2,0. Das Ausgeflossene enthielt 1,12 g Galaktose. Resorbirt 1,13 g, d. h. 50% Galaktose und 20% Wasser.

3. d-Mannose.

d-Mannose erhielten wir in Form eines weissen krystallinischen Präparates durch die Güte von Herrn Prof. Herzfeld, dem wir hierfür zu vielem Danke verpflichtet sind. Das Drehungsvermögen wurde in ca. 5%iger Lösung zu $[\alpha]_{20}^D = +13,6^\circ$ bestimmt.

Versuche an Hund I.

	Datum 1901			
	22. Mai	21. Mai	14. Mai	19. Mai
Mannoselösung	1 %	2,5 %	5 %	5 %
Eingefüllt ccm	30	30	30	30
Ausgeflossen „	nichts	7	15	17,5
Alkaleszenz „	—	0,8	2,4	2,3
Mannose, eingefüllt g	0,30	0,75	1,50	1,50
„ ausgeflossen g	—	0,217	0,605	0,660
„ resorbirt g	—	0,53	0,895	0,840
„ „	—	70 %	59 %	56 %
Wasser, resorbirt	—	75 %	50 %	41 %

4. d-Fructose.

Zur Anwendung kam die krystallinische Laevulose von Kahlbaum. Drehungsvermögen in c. 6%iger Lösung $[\alpha]_{20}^D = -95,24^\circ$.

Versuche an Hund I.

	Datum 1901		
	18. Mai	20. Mai	23. Mai
Laevulose	2,5 %	5 %	7,5 %
Eingeflossen ccm	30	30	30
Ausgeflossen "	nichts	4,5	19,0
Alkalescenz "	—	1,0	1,6
Laevulose, eingefüllt g.	0,75	1,5	2,25
" ausgeflossen g.	—	0,178	0,893
" resorbirt	—	1,32	1,36
" " " " " " " " " " " "	—	88 %	60 %
Wasser, resorbirt	—	85 %	37 %

B. Resorption von Pentosen.

Die Versuche wurden angestellt mit l-Xylose und l-Arabinose. Erstere waren nach Tollens¹⁾ aus Weizenstroh, letztere nach Kiliiani²⁾ aus Kirschgummi dargestellt worden. Beide Präparate waren wiederholt aus Alkohol umkrystallisirt worden.

Versuche an Hund I.

	D a t u m 1901		
	25. Juli	26. Juli	27. Juli
	Xylose		Ara- binose
Zuckerlösung	0,5 %	2 %	2 %
Eingefüllt cem	30	30	30
Ausgeflossen „	2	4,5	10
Alkaleszenz	1,35	3,1	6,1
Zucker, eingefüllt g	0,15	0,60	0,60
„ ausgeflossen g	Spuren	0,156	0,326
„ resorbirt g	—	0,444	0,274
„ „	—	74,8 %	45,8 %
Wasser, resorbirt	—	85 %	66 %

Versuche an Hund III.

E	D a t u m 1901	
	29. Juli	28. Juli
	Xylose	Arabinose
Zuckerlösung	2 %	2 %
Eingefüllt ccm	30	30
Ausgeflossen "	11	17
Alkaleszenz	1,3	1,3

1) Annalen d. Chem. Bd. 271 S. 40.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 19 S. 3029.

Versuche an Hund III. (Fortsetzung.)

	Datum 1901	
	29. Juli	28. Juli
	Xylose	Arabinose
Zucker, eingefüllt g.	0,600	0,600
„ ausgeflossen g.	0,200	0,357
„ resorbiert g.	0,400	0,243
„ „ „ „ „ „ „ „ „	66 %	40 %
Wasser, resorbiert	63 %	43 %

Ergebnisse.

Aus den mitgetheilten Versuchen lassen sich in Bezug auf die Geschwindigkeit, mit welcher die Lösungen einfacher Zucker im Darne aufgesaugt werden, die folgenden Resultate ableiten:

Die Resorptionsgeschwindigkeit stereoisomerer Zucker ist verschieden.

Das zeigt sich sowohl bei den Versuchen mit Hexosen wie mit Pentosen.

Versuche an Hund I.

d-Galaktose.			d-Mannose.		
2—5 %ige Lösung vollkommen resorbiert			1 %ige Lösung vollkommen resorbiert		
7,5 %ige „ 83 %	„		2,5 %ige „ 71 %	„	
			5 %ige „ 56—59 %	„	
d-Glucose.			d-Fructose.		
1—5 %ige Lösung vollkommen resorbiert			2,5 %ige Lösung vollkommen resorbiert		
6 %ige „ 75 %	„		5 %ige „ 88 %	„	
7,5 %ige „ 69 %	„		7,5 %ige „ 60 %	„	

Wie man sieht, wird aus gleichconcentrirten, im vorliegenden Falle also äquimolekularen Lösungen die d-Galaktose etwas besser als die d-Glucose und diese sehr viel besser als die d-Mannose resorbiert.

Die Resorption der d-Fructose, welche sich als Ketose mit diesen drei Zuckern nicht auf eine Linie stellen lässt, ist etwas schlechter als die der d-Glucose, aber besser als die der Mannose.

Bei den stereoisomeren Pentosen ist die Resorption der Xylose besser als die der Arabinose.

Von 2 % l-Xylose wurden bei Hund I resorbiert 74,8 %, bei Hund II 66 %
 „ 2 % l-Arabinose „ „ „ „ 45,8 %, „ „ „ 40 %

Zugleich ergibt ein Vergleich der Pentosen und Hexosen, dass die Zucker mit fünf Kohlenstoff-Atomen langsamer

als die mit sechs Kohlenstoff-Atomen im Darne aufgesaugt werden.

Die Geschwindigkeit der Wasserresorption zeigt bei der Resorption gleichconcentrirter Lösungen verschiedener Zucker ähnliche Unterschiede wie die Resorption des Zuckers.

In den Darm eingefüllt	Resorbirt	
	Zucker	Wasser
	%	%
7,5% Galaktose	83	76
7,5% Glucose	69	43
5% Glucose	vollkommen	
5% Mannose	56—59	41—50
2% Xylose	74,8	85
2% Arabinose	45,8	66

Hiermit wäre im Wesentlichen, soweit dies durch die mitgetheilten Versuche möglich ist, die Eingangs gestellte Frage nach dem Verhalten verschiedener einfacher Zucker im Darm beantwortet.

Es zeigten sich aber bei diesen Versuchen noch einige Erscheinungen, die für das Verständniss der Darmresorption nicht ohne Interesse sind.

Bei demselben Zucker nimmt mit der Concentration der in den Darm eingefüllten Zuckerlösung die Resorption des Wassers ab.

Hund I.

In den Darm eingefüllt	Wasser resorbirt %
d-Glucose 6%	66
7,5%	43
5%	71
6%	43
7%	18
d-Mannose 2,5%	75
5%	50—41
d-Fructose 5%	85
7,5%	37

Hund III.

In den Darm eingefüllt	Wasser resorbirt %
d-Glucose 5%	50—51
6%	40

Hund II.

In den Darm eingefüllt	Wasser resorbirt %
d-Galaktose 7,5%	86
10%	37

Die Erhöhung der osmotischen Spannung verzögert also den Austritt des Wassers aus dem Darm. Sie wirkt als wasseranziehende Kraft den Kräften, welche die Aufsaugung des Wassers herbeizuführen sich bestreben, entgegen.

Für den Zucker muss die Erhöhung der Concentration im Darm innerhalb gewisser Grenzen durch Erhöhung des Gefälles günstigere Bedingungen für die Resorption setzen. Ein solcher Einfluss ist auch vorhanden, wie die folgenden Zahlen zeigen.

Hund I.							
	Traubenzucker		Mannose		Fructose		
In den Darm eingefüllt	6%	7,5%	2,5%	5%	5%	7,5%	
resorbirt g	1,36	1,56	0,53	0,86	1,32	1,36	

Hund II.				Hund III.	
	Galaktose			Traubenzucker	
In den Darm eingefüllt	7,5%	10%		5%	6%
resorbirt g	2,14	2,40		0,96	0,98

Um die Geschwindigkeit der Resorption des Wassers mit der des Zuckers zu vergleichen, kann man die Procentzahlen des resorbirten Zuckers durch die des Wassers dividiren; die für dieses Verhältniss gewonnenen Zahlen sind auf der folgenden Tabelle verzeichnet.

Verhältniss der Resorption von Zucker zu Wasser.

Hund I.			Hund II.		
d-Galaktose	7,5%	1,1	d-Galaktose	10%	2,16
d-Glucose	7,5%	1,6		7,5%	1,14
	6%	1,15			
d-Fructose	7,5%	1,62			
	5%	1,04			
d-Mannose	5%	1,18 u. 1,36	d-Galaktose	7,5%	2,50
	2%	0,95	d-Glucose	6%	1,35
				5%	1,26 u. 1,27
l-Xylose	2%	0,88	l-Xylose	2%	1,04
l-Arabinose	2%	0,69	l-Arabinose	2%	0,93

Dieselbe sagt aus, dass bei Hund I aus Zuckerlösungen, deren osmotische Spannung höher liegt als die des Blutes, d. h. höher als etwa 4,4%, der Zucker schneller resorbirt wird als das Wasser; bei Lösungen von geringerer Spannung wird das Wasser schneller resorbirt als der Zucker. Bei Hund III sind die entsprechenden Quotienten etwas grösser. Hier nimmt der Zucker aus hypertonen Lösungen bei derselben Concentration schneller ab als bei Hund I.

Einen anderen Ausdruck für dieselbe Erscheinung erhält man, wenn man aus den Zahlen der mitgetheilten Versuche die Zuckerconcentration berechnet, welche die im Darm enthaltene Lösung der „Resorptionsrückstand“ am Ende des Resorptionsversuches hatte.

Hund I.

	Resorbirte Lösung	Resorptionsrückstand
Galaktose	7,5 ‰	5,3 ‰
Glucose	6 ‰	4,3 ‰
	7,5 ‰	4,0 ‰
	5 ‰	4,3 ‰
	6 ‰	3,1 ‰
	7,5 ‰	4,1 ‰
Mannose	2,5 ‰	3,1 ‰
	5 ‰	4,0 ‰
	5 ‰	3,9 ‰
Fructose	5 ‰	3,9 ‰
	7,5 ‰	4,7 ‰
Xylose	2 ‰	3,4 ‰
Arabinose	2 ‰	3,2 ‰

Hund III.

	Resorbirte Lösung	Resorptionsrückstand
Galaktose	7,5 ‰	4,2 ‰
Glucose	5 ‰	3,6 ‰
	5 ‰	3,7 ‰
	6 ‰	4,5 ‰
Xylose	2 ‰	1,8 ‰
Arabinose	2 ‰	2,1 ‰

Hund II.

	Resorbirte Lösung	Resorptionsrückstand
Galaktose	10 ‰	3,2 ‰

Füllt man in den Darm eine hypertonische Lösung, so sinkt die Concentration bei Hund I auf etwa 4 ‰, wenn man von der einen vielleicht nicht ganz richtigen Zahl von 3,1 ‰ absieht.

Die Concentration hypotonischer Lösungen nimmt dagegen zu. Die Concentration der 2,5 ‰igen Mannoselösung steigt auf 3,1 ‰, die der 2 ‰igen Xyloselösung auf 3,4 ‰, die der 2 ‰igen Arabinoselösung auf 3,2 ‰.

Aehnliche Beobachtungen wurden für den Traubenzucker von O. Cohnheim¹⁾ und zum Theil auch von Hédon²⁾ und Alber-

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 36 (18) S. 129.

2) a. a. O.

toni¹⁾ gemacht. Sie entsprechen den Resultaten, die Heidenhain und Gumilewski auch bei der Resorption von Kochsalzlösungen erhielten.

Vergleicht man die Versuche an Hund I mit denen an Hund II und III, so findet man, dass bei Resorption derselben Zuckerlösung die noch nicht resorbierte Lösung im Darm der letzteren weniger Zucker enthält als bei ersterem. Die Lösungen von Glykose und Galaktose sinken bis 3,6 ‰, die 2 ‰igen Lösungen von Arabinose und Xylose werden ohne Konzentrationsänderung resorbiert, das heisst: im oberen Theile des Darmes wird der Zucker verhältnissmässig schneller resorbiert als das Wasser, im unteren das Wasser verhältnissmässig schneller als der Zucker.

Einige Bemerkungen seien auch über die Alkaleszenz gemacht, welche die Zuckerlösungen einige Zeit, nachdem sie im Darm verweilt haben, annehmen.

Die Zahlen für dieselbe finden sich auf folgender Tabelle.

Alkaleszenz.

Lösung	0,5 ‰	2 ‰	3 ‰	5 ‰	6 ‰	7,5 ‰	10 ‰	
Glucose . .	—	—	—	—	0,9	2,35	—	Hund I
	—	—	—	[2,6] ²⁾	[7,2] ²⁾	[6,9] ²⁾	—	Hund III
	—	—	—	1,35	1,5	—	—	Hund I
	—	—	—	1,1	—	—	—	Hund I
Galaktose .	—	—	—	—	—	1,2	—	Hund II
	—	—	—	—	—	0,6	2,5	Hund III
	—	—	—	—	—	2,0	—	Hund I
Mannose . .	—	0,8	—	2,4	—	—	—	Hund I
	—	—	—	2,3	—	—	—	"
Fructose . .	—	—	—	1,0	—	1,6	—	"
Xylose . .	1,35	3,1	—	—	—	—	—	Hund III
	—	1,3	—	—	—	—	—	Hund I
Arabinose .	—	6,1	—	—	—	—	—	Hund III
	—	1,3	—	—	—	—	—	

Die Menge des Alkalis, welche bei der Resorption von 0,5 bis 10 ‰igen Zuckerlösungen von 18—22 cm langen Darmschlingen abgesondert wurde, schwankte zwischen 4,5 und 35 mg Na₂CO₃.

1) Reale academia di Bologna 1901.

2) Die eingeklammerten Zahlen rühren von der bereits katarrhalischen Schlinge her.

Bei der Resorption einer 5 %igen Mannoselösung war sie grösser als bei der Resorption einer gleich concentrirten Lösung von Traubenzucker und Galaktose, noch stärker bei einer 2 %igen Xylose oder gar Arabinoselösung.

Sie nahm bei demselben Zucker mit der Concentration der eingefüllten Lösung zu. (Vgl. d. fgd. Tab.)

Versuche an Hund I.

	Von 30 ccm Wasser werden resorbirt	Die Darmwand secernirt Alkali
7,5% Galaktose	76 %	1,2
6% d-Glucose	66 %	0,9
7,5% „	43 %	2,35
2,5% d-Mannose	75 %	0,8
5% „	50 u. 41 %	2,4 u. 2,3
5% d-Fructose	85 %	1,0
7,5% „	37 %	1,6
2% l-Xylose	85 %	3,1
2% l-Arabinose	66 %	6,1

Bei Beurtheilung der Ergebnisse, zu denen die mitgetheilten Versuche führen, muss zunächst noch einmal festgestellt werden, dass die Diffusionsgeschwindigkeiten der Zucker, mit denen die Versuche angestellt wurden, noch nicht bestimmt sind. Man ist daher auch nicht im Stande, zu sagen, ob die beobachteten Unterschiede in den Resorptionsgeschwindigkeiten der Zucker in einer Beziehung zu den Diffusionsgeschwindigkeiten stehen oder nicht.

Auf einen Unterschied im Gefälle könnte man es zurückführen, dass Pentosen langsamer resorbirt werden als Hexosen. Denn wie bereits erwähnt, werden diese auch langsamer und unvollkommener als jene im Organismus assimilirt. Auch die langsamere Resorption der Mannose lässt sich durch eine langsamere Assimilation erklären.

Anders steht es mit der Galaktose. Ihre Resorption ist gleich gut, ja anscheinend noch etwas besser als die der Glucose, ihre Assimilation aber erheblich schlechter. Will man an einer physikalischen Erklärung festhalten, so hat man daran zu denken, dass auch die Beschaffenheit der resorbirenden Membran für die Resorptionsgeschwindigkeit nicht gleichgültig sein kann. Es wäre immerhin möglich, dass diese für Zuckermoleküle einer bestimmten Gestalt

und Grösse (Galaktose) leichter durchgängig wäre als für andere (Glucose).

Wie dem auch sei, jedenfalls ist die Resorptionsgeschwindigkeit verschiedener einfacher, im besonderen auch die Resorptionsgeschwindigkeit von stereoisomeren Zuckern, d. h. von Zuckern, deren Molekül bei gleicher Zahl und Bindungsart der Atome eine verschiedene Gestalt hat, eine verschiedene.