
Aus der med. Universitätsklinik Basel (Vorsteher: Prof. Dr. R. Stähelin).

Ueber das Verhalten
des Gaswechsels beim Diabetes nach Zufuhr von
reinen Eiweisskörpern und reinen Kohlehydraten.

Von

Priv.-Doz. Dr. **Wilhelm Löffler.**

Sonderabdruck aus der Zeitschrift für klin. Medizin. 87. Bd. H. 5 u. 6.
(Verlag von August Hirschwald in Berlin NW. 7.)

ISBN 978-3-662-42288-5 ISBN 978-3-662-42557-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-42557-2

Aus der med. Universitätsklinik Basel (Vorsteher: Prof. Dr. R. Stähelin).

Ueber das Verhalten des Gaswechsels beim Diabetes nach Zufuhr von reinen Eiweisskörpern und reinen Kohlehydraten.

Von

Priv.-Doz. Dr. **Wilhelm Löffler.**

I.

Im Tierexperiment erlaubt die Untersuchung am isolierten überlebenden Organ die besten Einblicke in Vorgänge des intermediären Stoffwechsels, sowohl des physiologischen, wie auch des pathologisch veränderten, indem sich direkt die unmittelbaren Umwandlungen bestimmter Substanzen verfolgen lassen. Für die Erforschung der intermediären Vorgänge bei der Mehrzahl derjenigen Stoffwechselstörungen, die sich im Tierversuch nicht genau reproduzieren lassen, sind wir auf die Beobachtungen am Menschen angewiesen und damit auf die Anwendung der Methoden des Bilanzstoffwechsels beschränkt. Diese geben nur indirekte Aufschlüsse; bei geeigneter Versuchsanordnung gelingt es jedoch, auch aus Bilanzversuchen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit Schlüsse auf intermediäre Prozesse zu ziehen, besonders unter Herbeizugung des Gesunden als Vergleichsperson.

Beim gesunden Menschen bewirkt die Zufuhr von Eiweiss und von Kohlehydraten ein Ansteigen des Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäureproduktion. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der grösste Teil dieser Steigerung des Gaswechsels mit den unmittelbaren Veränderungen der eingeführten Körper in Zusammenhang steht¹⁾. Eindeutige Schlüsse über das Schicksal dieser Substanzen waren am ehesten zu erwarten durch Verabfolgung reiner Nahrungstoffe.

1) Diejenige Steigerung des Gaswechsels, die durch die sogenannte Verdauungsarbeit bedingt wird, ist bei geeigneter Versuchsanordnung gering zu veranschlagen und wird von den meisten neueren Autoren bei Versuchen, wie sie im folgenden ausgeführt wurden, mit guten Gründen vernachlässigt*).

*) Cohnheim, Der Energieaufwand bei der Verdauungsarbeit. Arch. f. Hygiene. 1906. S. 401. Magnus-Levy, Pflüger's Arch. 1894. Bd. 81. S. 55. Ueber die Grösse des Respirationsgaswechsels. Johannsson, Skand. Arch. f. Physiol. 1908. Bd. 21. S. 1.

Diesen Weg hat für die Erforschung des Kohlehydratstoffwechsels als erster Johannsson¹⁾ beschrieben und gefunden, dass der Einfluss verschiedener einfacher Kohlehydrate auf den Gaswechsel ein verschiedener ist, dass nämlich eine Steigerung der Kohlensäureproduktion nach Einnahme von Fruktose nahezu doppelt so gross ist, wie die durch die gleiche Menge Glukose bedingte. Er konnte weiter zeigen, dass die durch Traubenzucker bewirkte Gaswechselsteigerung streng proportional der zugeführten Dose wächst und zwar für je 50 g Zucker um etwa 10 g Kohlensäure, bis zu einer oberen Grenze, die meist bei Einnahme von 150 g Zucker erreicht wird. Diese Steigerung fiel jedoch geringer aus und konnte ganz ausbleiben bei vermindertem Glykogenvorrat; doch trat auch hierbei die bedeutendere Gaswechselsteigerung nach Fruktosezufuhr deutlich hervor.

Im Gegensatz zu dem Verhalten gewisser Kohlehydrate üben die verschiedenen bis jetzt untersuchten Eiweisskörper sowohl beim Tier wie beim Menschen die gleiche Wirkung auf den Gaswechsel aus, indem der Hund von Falta, Grote und Stähelin²⁾ nach Verfütterung gleicher Mengen (150 g) von Kasein, Glutenskasein und hydrolysiertem Kasein bei sonst konstanter Kost stets den gleichen Mehrverbrauch an Sauerstoff und die gleiche Mehrproduktion von Kohlensäure zeigte. Endlich steigerten gleiche Edestin- und Kaseinmengen in den Versuchen von Löffler³⁾ am Menschen Kohlensäureabgabe und Sauerstoffverbrauch in gleichem Masse. Gigon⁴⁾ ist ausserdem der Nachweis gelungen, dass die Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr eines reinen Eiweisskörpers wie Kasein nicht direkt proportional der eingenommenen Eiweissdosis ist, wie dies für den Zucker zutrifft, sondern dass die Steigerung rascher wächst als die Dosis, dass bei einer Vermehrung der Zufuhr im Verhältnis 1:2:3:4 die CO₂-Produktion im Verhältnis 1:3:6:9 ansteigt, ein Verhalten, das vom Autor auf Glykogen- und Fettbildung aus Eiweiss bezogen wird.

Ueber das Verhalten des Gaswechsels beim kranken Menschen nach Zufuhr reiner Substanzen sind nur sehr wenig Bestimmungen ausgeführt worden. Johannsson⁵⁾ hat an Diabetikern feststellen können, dass die Steigerung der Kohlensäurebildung nach Glukosezufuhr (50 g) in einzelnen Fällen geringer ist als bei Gesunden, bei anderen Patienten aber gänzlich vermisst werden kann, während Fruktose noch eine Steigerung der Kohlensäureproduktion hervorbringt, die jedoch geringer ausfällt als beim Gesunden. Den Sauerstoffverbrauch hat Johannsson in seinen Versuchen nicht gemessen.

1) Johannsson, Skandinav. Arch. f. Physiol. 1908. Bd. 21. S. 1.

2) Falta, Grote und Stähelin, Hofmeister's Beitr. 1907. Bd. 9.

3) Löffler, Pflüger's Arch. Bd. 147. S. 197.

4) Gigon, Pflüger's Arch. Bd. 140. S. 1.

5) Johannsson, l. c.

Ueber die Verwertung von Eiweiss- und Kohlehydraten nach Pankreasekstirpation liegt eine Versuchsreihe von Falta, Grote und Stähelin¹⁾ vor, die an ihrem schon erwähnten Hund eine ganz bedeutende Steigerung des Gesamtumsatzes mit vermehrtem Eiweiss- und Fettzerfall nachwies, während die Kohlehydratverwertung aufgehoben war. 150 g Glukose waren ohne Einfluss auf den Gaswechsel. Der grösste Teil des Zuckers erschien wieder im Urin (126,2 g). Der Rest konnte in den Geweben retiniert worden sein.

Die Uebertragung der Resultate von Experimenten am pankreaslosen Hund auf den menschlichen Diabetes ist nicht ohne weiteres zulässig, denn im Tierexperiment handelt es sich um einen „absoluten“ Diabetes, d. h. die Zuckerverwertung ist für den Organismus vollständig aufgehoben. Ein solcher Zustand ist in der menschlichen Pathologie wohl verhältnismässig selten und etwa im präkomatösen Stadium zu erwarten; er ist mit dem Leben nur noch für kurze Zeit vereinbar. Ein Vergleich des experimentellen Pankreasdiabetes ist daher wohl nur mit den Endstadien des menschlichen Diabetes statthaft.

Uns interessierte hier vor allem zu wissen, wie sich der diabetische Mensch während der langen Dauer der Krankheit vor den schweren terminalen Erscheinungen der Eiweiss- und Zuckerzufuhr gegenüber verhält, ob und in welchem Masse in der unmittelbaren Verwertung dieser Nahrungsstoffe Unterschiede gegenüber dem Gesunden festzustellen sind, und ob sich vielleicht aus den Resultaten Schlüsse über das unmittelbare Schicksal der zugeführten Substanzen beim Diabetiker ziehen lassen.

Von grösster Schwierigkeit für ein solches Unternehmen und von ausschlaggebender Bedeutung für den Wert der Resultate von Respirationsversuchen an Diabetikern ist, bei der bekannten Unzuverlässigkeit dieser Patienten, die Wahl der geeigneten Versuchspersonen. Wäre diese Forderung der Gewissenhaftigkeit von intelligenten Kranken noch zu erfüllen, so sind sie meist nicht instande oder nicht gewillt, die absolute Muskelruhe längere Zeit inne zu halten, oder die Zufuhr der Substanzen stösst auf Schwierigkeiten. Es gelang uns, nach langem Suchen, einen Patienten für die Versuche zu interessieren; nach tüchtiger Einübung konnten gut übereinstimmende Nüchternwerte ermittelt werden. Unser Patient ist ein durchaus zuverlässiger Mann; wir verfügen von ihm durch tägliche Wägung der Kost und quantitative Zuckerbestimmung sowie Kontrolle von Azeton- und Azetessigsäureausscheidung während eines 1 $\frac{1}{2}$ jährigen Aufenthaltes auf der Klinik über eine genau verfolgte Lebensweise, in der kein einziger Verstoß gegen die Kostverordnung nachweisbar ist.

Zur Technik.

Die Versuchsperson war ein 25-jähriger Mann von 67 kg Gewicht und 168 cm Länge. Die Krankheit war Mitte Oktober 1914 aufgetreten ohne unmittelbare Veranlassung, nachdem der Mann im August bei der Mobilisation anscheinend gesund eingedrückt war. In den ersten Tagen nach seinem Eintritt in die Klinik am 25. November wurden bei gewöhnlicher Kost 10 Liter Harn mit 600 g Zucker entleert. Bei all-

1) Falta, Grote und Stähelin, Hofmeister's Beitr. Bd. 10. S. 199.

mählichem Entzug der Kohlehydrate sank die Zuckermenge anfangs rasch, später sehr langsam ab, um sich auch bei strenger Kost, die als einziges Kohlehydrat den Zucker von 100—200 g Rahm enthielt, wochenlang auf 15—20 g zu halten. Auch an den Gemüsetagen bestand in der ersten Zeit eine Zuckerausscheidung von 5—7 g. Erst im Mai 1915, nahezu $\frac{1}{2}$ Jahr nach Beginn der Behandlung, war der Patient bei der angegebenen Kost dauernd zuckerfrei.

Es handelt sich also um einen mittelschweren Diabetes. Im Befinden des Patienten ist während der ganzen Dauer der Versuche, d. h. vom Mai bis Dezember 1915, eine wesentliche Aenderung nicht mehr eingetreten.

Die Untersuchungen wurden in der Jaquet'schen¹⁾ Respirationskammer ausgeführt; die Gasanalysen mit dem Apparat von Pettersson-Hoegland. Die Berechnung der Werte für CO_2 und O_2 erfolgte wie üblich, auf 760 mm Druck, 0° und Trockenheit. In den einzelnen Versuchen werden die Werte in Gramm für die beobachteten Stunden angegeben. Für die Pausen zwischen den einzelnen Stunden, die 5—7 Minuten dauerten, wurden die Werte aus den beiden benachbarten Stundenwerten berechnet. Die Steigerung des Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäurebildung ergibt sich aus der Differenz zwischen den Werten für den Gaswechsel während des Versuches und dem Nüchternwert für die gleiche Zeitdauer. Den Versuchen ging stets eine mindesten $1\frac{1}{2}$ stündige Periode vollständiger Muskelruhe voraus, die der Pat. schon in der Respirationskammer zubrachte.

II. Nüchternwerte.

Ein besonderes Gewicht wurde auf die Bestimmung der Nüchternwerte gelegt, die die Grundlagen für alle Berechnungen zu bilden haben.

Die ersten Uebungsversuche von je einer Stunde Dauer bei dem Pat. ergaben einen auffallend hohen Nüchternwert von

25,02 g CO_2 , 22,76 g O_2 pro Std. = 3,16 ccm CO_2 , 3,95 ccm O_2 pro kg und Min.
 28,39 g CO_2 , 24,43 g O_2 „ „ = 3,59 ccm CO_2 , 4,25 ccm O_2 „ kg „ „
 28,59 g CO_2 , 24,81 g O_2 „ „ = 3,62 ccm CO_2 , 4,33 ccm O_2 „ kg „ „

trotzdem sich der Pat. anscheinend ganz ruhig verhielt. Die fünf Tage später vorgenommenen Bestimmungen lieferten bereits Werte von

22,96 g CO_2 , 20,86 g O_2 pro Std. = 2,91 ccm CO_2 , 3,60 ccm O_2 pro kg und Min.
 25,69 g CO_2 , 23,40 g O_2 „ „ = 3,25 ccm CO_2 , 4,07 ccm O_2 „ kg „ „

Es handelt sich noch um sehr hohe Werte. Die späteren Bestimmungen ergeben bedeutend niedrigere Zahlen und zeigen, wie vorsichtig eine etwaige Feststellung eines erhöhten Ruhegaswechsels zu verwenden ist.

Den meisten Pat. fällt es ausserordentlich schwer, in den ersten Sitzungen, besonders für längere Perioden mit nur kurzen Zwischenpausen, die absolute Muskelruhe zu bewahren, falls nicht ihr Leiden an sich eine mehr oder weniger grosse Adynamie oder Unbeweglichkeit bedingt, wie dies etwa bei hochgradiger Fettsucht der Fall ist. Ausserdem ist bekanntlich eine Steigerung des Stoffwechsels sehr viel vorsichtiger zu bewerten als eine Herabsetzung desselben, da die Steigerung durch zahlreiche äussere Umstände bedingt sein kann, die Herabsetzung jedoch, ein richtiges Funktionieren der Apparate vorausgesetzt, kaum äussere Ursachen haben kann.

Im Hinblick auf die lange Dauer der einzelnen Versuche brachte der Pat. anfangs am Tage, später nachts übungshalber Zeiten von 7—8 Stunden im Atmungskasten zu, bis er sich so gut an die neuen Verhältnisse gewöhnt hatte, dass er oft während mehrerer Stunden hintereinander schlief. Die Nacht wurde als Zeit für die Versuche

1) Jaquet, Verhandl. d. Naturforsch. Ges. Basel 1903. Bd. 15. S. 252.

gewählt, weil auf diese Weise der geringste Eingriff in die normale Lebensweise des Pat. nötig war.

Abweichend von dem gewöhnlichen Vorgehen wurde für jeden einzelnen Versuch der Nüchternwert bestimmt und zwar für mindestens eine einstündige Periode, gelegentlich für 2—4 Perioden. Die Versuchsperson brachte vor Beginn der ersten Nüchternperiode $1\frac{1}{2}$ Stunden ruhig liegend im Respirationskasten zu. Es wurden im ganzen 29 Nüchternwerte gewonnen mit einem Mittelwert von 21,26 g CO₂ und 19,63 g O₂ pro Stunde, entsprechend 2,69 cem CO₂ pro Kilogramm und Minute und 3,42 cem O₂ pro Kilogramm und Minute.

Für die Berechnung wurde jedem Versuch der zu Beginn desselben ermittelte Nüchternwert zugrundegelegt. Dieses Verfahren scheint mir sicherer als die Berechnung nach dem Mittel aller Nüchternwerte, besonders da wir im Diabetiker nicht eine „nüchterne“ Versuchsperson im strengen Sinne vor uns haben; denn der Diabetiker steht, wohl mehr als der Gesunde, unter dem Einfluss der vorangegangenen Ernährung. Es wurde besonders darauf geachtet, die Ernährung an den beiden dem Versuch vorangehenden Tagen möglichst gleichmässig zu gestalten. Kost und Lebensweise des Patienten waren während der ganzen Dauer des Spitalaufenthaltes überhaupt sehr gleichförmig (vgl. Versuch 13).

Tabelle I.
Nüchternwerte.

Versuch	Nüchtern seit Stunden	CO ₂	O ₂	Versuch	Nüchtern seit Stunden	CO ₂	O ₂	
1	12	20,77	18,99	9	13	21,53	19,12	
	13	21,12	18,87		10	11	21,60	20,40
2	11	20,78	19,84	11	12	19,57	18,79	
	12	21,35	19,68		12	11	21,95	20,13
	13	20,65	19,45			12	22,65	21,47
3	12	19,55	17,39	13	11	20,45	20,31	
	13	20,58	17,92		12	20,29	20,59	
	14	21,76	19,26		14	11	21,24	20,68
4	11	20,72	19,73	12		22,20	19,97	
	12	20,54	18,27	15		12	20,48	18,51
	13	21,77	19,91		16	7	21,92	20,41
	14	19,92	18,91			17	10	22,13
6	11	20,54	18,27	17	11	22,36	19,49	
	12	20,90	19,20		8	11	22,20	20,30
	13	21,77	19,91			11	22,20	20,30
	14	19,92	18,91				11	22,20
7	11	21,77	19,72	11	22,20	20,30		
	11	22,52	20,83		11	22,20	20,30	
8	11	22,20	20,30	11	22,20	20,30		
	11	22,20	20,30		11	22,20	20,30	

Mittel des Nüchternwerts pro Stunde aus 29 Bestimmungen 21,26 g CO₂ 19,63 g O₂
 „ „ „ „ „ Kilogramm und Minute 2,69 cem „ 3,42 cem „

Wenn nichts anderes vermerkt ist, wurde stets in der Weise verfahren, dass am Vortag des Versuches ein Gemüsetag eingeschaltet wurde. Am Versuchstag selbst erhielt der Pat. $7\frac{1}{2}$ Uhr morgens ein Frühstück, bestehend aus 800—1000 cem leichtem schwarzen Kaffee mit 100—200 g Rahm, 40—70 g Käse, 40—60 g Butter und in einzelnen Versuchen 2—4 Eiern. Die Eierzulage mag etwas reichlich erscheinen, doch

war im Interesse des Ernährungszustandes des Pat. diese Zusammensetzung des Frühstücks geboten. Sie beeinflusste den Gaswechsel nach 11—12 Stunden nicht mehr, wie ein Vergleich der Werte aus den ersten vier Versuchen der Tabelle I zeigt. Das Frühstück hatte folgende Zusammensetzung in

Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
800 g Kaffee	800 g Kaffee	500 g Kaffee	800 g Kaffee
100 g Rahm	100 g Rahm	30 g Butter	100 g Rahm
60 g Butter	40 g Butter	50 g fetten Speck	60 g Butter
50 g Käse	60 g Käse	50 g Käse	70 g Käse
	4 Eier	3 Eier	4 Eier
	500 ccm Rotwein		

Dass die Schwankungen im Nüchternwert nicht mit der Zusammensetzung des Frühstücks in Zusammenhang stehen, ergibt sich aus einem Vergleich der Versuche 11 und 16 mit verhältnismässig niedrigen bzw. hohen Nüchternwerten für CO_2 -Ausscheidung, indem in beiden Versuchen das gleiche Frühstück, bestehend aus 1000 ccm Kaffee, 200 g Rahm, 60 g Käse, 60 g Butter und 4 Eiern gereicht worden ist.

Die Nüchternwerte sind 11—14 Stunden nach dem Frühstück bestimmt worden. Schwankungen in den Zahlen sind nicht durch einen grössern oder geringern Zeitabstand vom Frühstück bedingt, indem bei den Versuchen mit mehreren Nüchternbestimmungen die Werte, die 13—14 Stunden nach dem letzten Essen gewonnen worden sind, in der Regel etwas höher liegen als die nach 10—11 Stunden erhaltenen (vgl. Versuch 1, 2, 3, 6, 12, 13 und 17).

In einem weiteren Versuch wurde der Gaswechsel während $10\frac{3}{4}$ Stunden ohne Nahrungszufuhr verfolgt. Der Pat. hatte $7\frac{1}{2}$ Uhr morgens das gewöhnliche Frühstück eingenommen. In den beiden ersten Beobachtungsstunden ergab sich ein Nüchternwert, der sich mit dem Mittel der übrigen Nüchternwerte deckt. Im Verlauf der folgenden Stunden findet ein mässiges Absinken der Gaswechselwerte statt; doch sinkt das Mittel aus allen Werten nur unwesentlich unter den niedrigsten Nüchternwert der Tabelle I.

Langdauernder Nüchternversuch.

Gaswechsel im nüchternen Zustand während mehrerer Stunden ($10\frac{3}{4}$ Stunden).

Zeit	CO_2 -Ausscheidung	O_2 -Verbrauch	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
7,00— 8,00	20,88	19,19	0,791	negativ	—	—
8,05— 9,05	21,55	20,01	0,783	—	—	—
9,11—10,11	19,67	18,01	0,794	—	—	—
10,16—11,16	18,60	17,38	0,778	—	—	schläft
11,21—12,21	18,29	16,45	0,809	—	—	schläft
12,25— 1,25	19,67	18,47	0,774	—	—	—
1,30— 2,30	20,41	18,56	0,800	—	—	—
2,35— 3,35	18,44	16,46	0,814	—	—	schläft
3,40— 4,40	18,41	16,29	0,826	—	—	—
4,45— 5,45	18,70	17,41	0,781	—	—	schläft
Mittel	19,46	17,82	—	—	—	—

Die niedrigen Werte in den spätern Stunden sind wohl zum Teil darauf zurückzuführen, dass der Patient schlief und bekanntlich der Gaswechsel während des Schlafes meist noch etwas niedriger ist als bei absoluter Muskelruhe im Wachzustand.¹⁾

1) Benedict, Journ. of Biolog. Chem. Bd. 18.

III. Verhalten des Gaswechsels beim Diabetiker nach Zufuhr eines reinen Eiweisskörpers.

Als Eiweisskörper wurde Kasein gewählt, weil für diese Substanz Vergleichswerte vom Gesunden zur Verfügung stehen¹⁾. Die erste Tabelle der Versuche gibt stets den beobachteten Gaswechsel in den einstündigen Perioden wieder. Die zweite Tabelle zeigt die Berechnung der Gaswechselsteigerung.

Das Kasein wurde fein gekörnt gereicht mit etwa 500 ccm Wasser. In 10 Minuten hatte der Patient das Kasein gegessen.

Versuch 1 und 2.
Gaswechsel nach Einnahme von 50 g Kasein.

Versuch 1	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung ^g	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Versuch 2	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung ^g	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂
0,48 g N pro Std.	7,15—8,15	20,77	18,99	0,821		6,45—7,45	20,78	19,84	0,762
	8,20—9,20	21,12	18,87	0,832		7,50—8,50	21,35	19,68	0,789
						8,55—9,55	20,65	19,45	0,772
Mittel der Nüchternwerte		20,95	18,93	—			20,93	19,66	—
0,51 g Azeton und 5,74 g N in 10 Std.	9,45—10,45	22,13	20,94	0,768	5,18 g N in 10 Std.	10,10—11,10	20,01	19,01	0,765
	10,51—11,51	20,89	19,83	0,766		11,15—12,15	21,24	19,30	0,800
	11,56—12,56	21,55	19,80	0,791		12,20—12,00	23,77	20,92	0,771
	1,02—2,02	21,88	21,19	0,751		1,25—2,25	22,22	20,64	0,783
	2,08—3,08	22,32	20,24	0,802		2,30—3,30	22,04	20,18	0,795
	3,15—4,15	22,80	20,45	0,811		3,36—4,37	20,56	19,86	0,766
	4,20—5,20	20,77	19,07	0,792		4,46—5,46	19,70	18,00	0,796
	5,25—5,25	21,07	19,12	0,801		5,51—6,51	20,70	21,18	0,817
6,30—7,30	21,36	18,89	0,822						

Steigerung des Gaswechsels nach Einnahme von 50 g Kasein.

50 g Kasein	9,45—10,45	22,13	20,94	—	50 g Kasein	11,15—12,15	21,24	—	—
	10,45—10,51	2,15	2,04	—		12,15—12,20	1,89	1,67	—
	10,51—11,51	20,89	19,83	—		12,20—1,20	23,77	20,92	—
	11,51—11,56	1,77	1,65	—		1,20—1,25	1,91	1,73	—
	11,56—12,56	21,55	19,80	—		1,25—2,25	22,22	20,64	—
	12,56—1,02	2,17	2,05	—		2,25—2,30	1,84	1,70	—
	1,02—2,02	21,88	21,19	—		2,30—3,30	22,04	20,18	—
	2,02—2,08	2,21	2,07	—					
	2,08—3,08	22,32	20,24	—					
	3,08—3,15	2,65	2,39	—					
3,15—4,15	22,80	20,45	—						
Nüchternwert	6 Std. 30 Min.	142,52	132,64	—		4 Std. 25 Min.	94,91	66,84	—
	6 „ 30 „	136,18	123,05	—		4 „ 25 „	88,95	63,89	—
Steigerung	Steigerung	+6,34	+9,59	—			+5,96	+2,95	—
Steigerung Mittel aus Vers. 1 u. 2		6,15	6,27	—			—	—	—

50 g Kasein bewirken bei unserm Diabetiker nahezu die gleiche Gaswechselsteigerung wie sie bei gesunden Personen beobachtet wird,

1) Gigon, Pflüger's Arch. Bd. 140. S. 1. Löffler, ebenda. Bd. 147. S. 197.

indem bei zwei gesunden Versuchspersonen im Alter von 22 bzw. 26 Jahren¹⁾ im Mittel die Steigerung des Gaswechsels 5,19 bzw. 5,04 g CO₂ und 4,87 bzw. 6,03 O₂ betrug.

Auffallend ist bei unserm Diabetiker nur, dass in beiden Parallelversuchen die Steigerung des Gaswechsels sich auf eine längere Zeit erstreckt als bei den Vergleichspersonen. Während bei den gesunden Vergleichspersonen der Nüchternwert schon nach 3—3½ Stunden wieder erreicht ist, dauert es bei unserer Versuchsperson 6½ bzw. 5½ Stunden, bis die Ruhewerte wieder erreicht sind. In Versuch 2 ist die Gaswechselsteigerung erst von der zweiten Periode an aufgetreten, ein Verhalten, das auch bei Gesunden beobachtet wird²⁾.

(Versuch 3 und 4 siehe nebenstehend.)

Die Veränderungen des Gaswechsels nach Einnahme von 100 g Kasein ergeben sich aus Versuch 3 und 4. Sie erstrecken sich ebenfalls auf eine längere Zeit als beim Gesunden; während bei diesem der Nüchternwert schon nach 5¾ Stunden wieder erreicht ist, dauert es bei unserer Versuchsperson 8¾ Stunden bis zu diesem Zeitpunkt. Auch hier haben wir die analoge Beobachtung, wie nach Zufuhr von 50 g Kasein, dass die Gaswechselsteigerung entschieden langsamer abklingt als beim Gesunden. Wie weit es sich hierbei aber um individuelle Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen handelt, und wie weit der Krankheit dabei eine Rolle zukommt, lässt sich vorläufig mangels an weiteren Beobachtungen nicht entscheiden. Von einer gesteigerten Eiweissverbrennung kann nach diesen Resultaten bei unserm Patienten nicht die Rede sein. Die N-Ausscheidung im Harn beträgt für die Dauer des Versuches 7,4 g; Zucker ist im Harn nicht aufgetreten, die Azetonwerte mit 0,5 g in 10 Stunden sind ziemlich hoch.

Von besonderer Wichtigkeit scheint mir der Umstand zu sein, dass die Gaswechselsteigerung nicht proportional der zugeführten Dose wächst, sondern dass die CO₂-Bildung und der Sauerstoffverbrauch mit steigender Kaseinzufuhr **rascher** ansteigen, und zwar verhalten sich die Gaswechselsteigerungen für Kohlensäure und für Sauerstoff für eine Variation der Zufuhr im Verhältnis von 1 : 2 wie 1 : 3,5. Ein Verhalten, das mit dem von Gigon beim Gesunden beobachteten ziemlich gut übereinstimmt.

Wir können somit zusammenfassend sagen, dass die Verwertung eines reinen Eiweisskörpers beim mittelschweren Diabetiker etwas langsamer, aber prinzipiell in gleicher Weise erfolgt wie beim Gesunden.

1) Gigon und Löffler, l. c.

2) Löffler, l. c. S. 205.

Versuch 3 und 4.
Gaswechsel nach Einnahme von 100 g Kasein.

Versuch 3	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ O ₂	Versuch 4	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	O ₂ CO ₂
0,35 g N pro Std.	7,15 — 8,15	19,55	17,39	0,827	0,44 g N pro Std.	6,45 — 7,45	20,72	19,73	0,764
	8,22 — 9,22	20,58	17,92	0,845					
	9,27 — 10,27	21,76	19,26	0,866					
Mittel der Nüchternwerte		20,63	18,19	—			20,72	19,73	—
100 g Kasein, 0,524 g Azeton und 7,17 g N in 10 Std.	10,50 — 11,50	23,91	22,00	0,790	100 g Kasein, 0,410 g Azeton und 7,54 g N in 10 Std.	10,10 — 10,10	23,32	21,75	0,779
	11,55 — 12,55	23,62	21,96	0,782		10,15 — 11,15	22,25	21,28	0,760
	1,01 — 2,01	22,69	20,90	0,789		11,20 — 12,20	22,22	21,97	0,735
	2,07 — 3,07	23,54	20,44	0,838		12,26 — 1,26	23,00	21,88	0,765
	3,12 — 4,12	23,86	21,31	0,760		1,31 — 2,31	24,26	22,85	0,772
	4,17 — 5,17	24,17	21,41	0,831		2,37 — 3,37	23,17	21,96	0,767
	5,22 — 6,22	22,85	20,61	0,806		3,42 — 4,42	23,04	21,73	0,771
	6,27 — 7,27	22,63	20,61	0,804		4,47 — 5,47	22,02	20,51	0,781
	7,33 — 8,33	20,01	19,25	0,756		5,52 — 6,52	20,90	19,51	0,837
							6,57 — 7,57	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Einnahme von 100 g Kasein.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch
10,50 — 11,50	23,91	22,00	9,10 — 10,10	23,32	21,75
11,50 — 11,55	1,98	1,92	10,10 — 10,15	1,90	1,79
11,55 — 12,55	23,62	21,96	10,15 — 11,15	22,25	21,28
12,55 — 1,01	2,32	2,15	11,15 — 11,20	1,85	1,80
1,01 — 2,01	22,69	20,90	11,20 — 12,20	22,22	21,97
2,01 — 2,07	2,31	2,09	12,20 — 12,26	2,26	2,19
2,07 — 3,07	23,54	20,44	12,26 — 1,26	23,00	21,88
3,07 — 3,12	1,98	1,74	1,26 — 1,31	1,97	1,86
3,12 — 4,12	23,86	21,31	1,31 — 2,31	24,26	22,85
4,12 — 4,17	2,00	1,79	2,31 — 2,37	2,38	2,41
4,17 — 5,17	24,17	21,41	2,37 — 3,37	23,17	21,96
5,17 — 5,22	1,96	1,75	3,37 — 3,42	1,93	1,82
5,22 — 6,22	22,85	20,61	3,42 — 4,42	23,04	21,73
6,22 — 6,27	1,89	1,72	4,42 — 4,47	1,88	1,76
6,27 — 7,27	22,63	20,61	4,47 — 5,47	22,02	20,51
7,27 — 7,33	2,84	2,63	5,47 — 5,55	2,86	2,67
8 Std. 45 Min.	204,05	185,12	8 Std. 45 Min.	200,30	190,23
Nüchternwert 8 Std. 45 Min.	180,51	159,16	Nüchternwert 8 St. 45 Min.	181,30	172,64
Steigerung	+ 23,54	+ 25,96		+ 19,00	+ 17,59
Mittel der Steigerung aus Versuch 3 und 4				21,27	21,78

IV. Verhalten des Gaswechsels beim Diabetiker nach Zufuhr von Kohlehydraten.

Zunächst wurde das Verhalten des Blut-¹⁾ und Harnzuckers nach Einnahme von 100 g Glukose durch Kontrolle dieser Werte in kurzen Intervallen bestimmt, da der Verlauf der beiden Kurven für die nachfolgenden Versuche von Wichtigkeit ist.

1) Bestimmung nach der Mikromethode Bang's.

Versuch 5.

Verhalten von Blut- und Harnzucker nach Einnahme von 100 g Glukose.

Zeit	Blutzucker	Harnzucker		Bemerkungen
		pCt.	g	
8,30	0,115	negativ	—	100 g Glukose in 500 g Wasser
9,15	—	—	—	
9,45	0,189	negativ	—	
10,30	0,241	1,47	0,72	
11,30	0,243	2,74	3,66	
12,15	0,241	2,76	2,26	
12,45	0,182	2,66	0,93	
1,15	0,168	2,79	0,31	
2,15	0,116	0,67	0,19	
3,15	—	negativ	—	
6 Std.	—	—	—	

Der Blutzuckergehalt steigt rasch an, um sich während $1\frac{1}{2}$ Stunden auf dem hohen Niveau von 0,241 pCt. zu halten und im Verlauf von 2 Stunden wieder zur Norm abzusinken, gleichzeitig ist auch die Glukosurie beendet. 4 Stunden nach der Zuckereinnahme ist die Ausscheidung im Harn beendet. Ueberraschend ist die gute Verwertung der Glukose, wenn diese als einziger Nahrungsstoff bei nüchternem Zustand des Pat. gereicht wird. Nach dem Verhalten des Diabetikers der strengen Kost gegenüber war diese hohe Toleranz für die Glukose kaum zu erwarten.

Es wurde der Einfluss von 50, 100 und 150 g Glukose auf den Gaswechsel untersucht. Im Stuhl ist in keinem Fall Zucker zur Ausscheidung gelangt, die Resorption der Glukose vom Darm aus war also eine vollständige. Auch Gärung ist am Stuhl nicht beobachtet worden.

Versuch 6.

Gaswechsel nach Einnahme von 50 g Glukose.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	7,00— 8,00	20,54	18,27	0,817	} neg.	} 0,65 pro Std.	Nüchternwerte
	8,06— 9,06	20,90	19,20	0,791			
	9,11—10,11	21,77	19,91	0,792			
	10,16—11,16	19,92	18,91	0,765			
	Mittel der Nüchternwerte	20,78	19,09	—	—	—	
4 Std. 17 Min.	11,30—12,30	19,88	18,82	0,768	} 2,68	} 2,97 in 4 Std. 17 Min.	50 g Glukose in 150 ccm Wasser
	12,35— 1,35	20,53	18,93	0,788			
	1,41— 2,41	19,50	18,00	0,787			
	2,47— 3,47	20,33	18,14	0,815	} Spur		
	3,55— 4,55	21,36	19,56	0,749			
	5,01— 6,01	21,30	19,34	0,804			
	6,06— 7,06	21,42	18,65	0,835	} neg. Glu- kose ver- wertet 47,32		
	7,12— 8,12	19,87	17,69	0,816			
	8,12—10,30	—	—	—			

In den ersten $4\frac{1}{4}$ Stunden nach Einnahme von 50 g Glukose findet nicht nur keine Steigerung, sondern ein geringfügiges Absinken des Gaswechsels statt, indem die Kohlensäureproduktion pro Stunde im Mittel auf 20,06 g, der Sauerstoffverbrauch auf 18,47 g abfallen. Erst vom Beginn der fünften Stunde nach Einnahme der Glukose

an steigt der Gaswechsel für die Dauer von 3 Stunden 15 Min. etwas über den Nüchternwert des Tages an. — Diese sehr geringfügige Steigerung kann kaum mehr zu der Glukoseaufnahme in Beziehung gebracht werden, jedenfalls nicht als unmittelbare Folge.

Die Zuckerausscheidung im Harn ist $4\frac{1}{4}$ Stunden nach Aufnahme der 50 g Glukose beendet.

Versuch 7.
Gaswechsel nach Zufuhr von 100 g Glukose.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	6,30— 7,30	21,77	19,72	0,802	negativ	—	Nüchternwerte
	7,35— 8,35	22,52	20,83	0,768	„	—	„
	Mittel der Nüchternwerte	22,15	20,23	—	—	—	—
6 Std. 26 Min.	8,45— 9,45	22,89	20,94	0,795	} 23,9	—	—
	9,50—10,50	22,52	20,38	0,804		—	—
	10,55—11,55	20,51	17,96	0,830		—	—
	12,00— 1,00	20,82	17,45	0,869		—	—
	1,05— 2,05	19,72	16,84	0,851		—	—
	2,11— 3,11	18,93	16,31	0,837		—	—
	3,11— 6,30	—	—	—	Spuren	—	—
	6,30— 8,30	—	—	—	„	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 g Glukose.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Bemerkungen
8,45— 9,45	22,89	20,94	76,1	—
9,45— 9,50	1,90	1,72	—	—
9,50—10,45	20,64	18,69	—	—
2 Stunden	45,43	41,35	—	—
Nüchternwert 2 Stunden	44,30	40,46	—	—
Steigerung	1,13	0,89	—	—

Azeton- und Azetessigsäurereaktion waren im Harn der Nüchternperiode stark positiv, in dem während des Versuchs gelösten Harn negativ.

Nach Zufuhr von 100 g Glukose findet nach einer sehr geringen, kurzdauernden Steigerung des Gaswechsels ein Absinken unter den Nüchternwert des Tages statt.

Die Zuckerausscheidung im Harn ist $6\frac{1}{2}$ Stunden nach Einnahme der 100 g Glukose beendet.

(Versuch 8 siehe umstehend.)

Die Gaswechselsteigerung ist für CO₂ sehr geringfügig, doch ist sie während 3 Stunden vorhanden; für Sauerstoff ist die Steigerung stärker ausgesprochen, klingt jedoch rascher ab, und der Sauerstoffwert hält sich für den ganzen Rest der Versuchsdauer von noch $8\frac{1}{2}$ Stunden etwas unter dem Nüchternwert, so dass die Hauptmenge des nicht verwerteten Zuckers nach $7\frac{1}{2}$ Stunden ausgeschieden ist. Bei der Glukosurie, die in den spätern Stunden nach dem Versuch beobachtet wird, dürfte sich schon der Einfluss des Frühstücks geltend machen, das mit Ausnahme von Versuch 5 und 6 unmittelbar im Anschluss an den Respirationsversuch gereicht werden musste und das stets Rahm enthält, der, wie aus den spätern Versuchen hervorgeht,

Versuch 8.

Gaswechsel nach Zufuhr von 100 g Glukose.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	7,00--8,00	22,20	20,30	—	negativ	—	Nüchternwerte
3 Std. 12 Min.	8,10--9,10	22,49	22,85	0,716	—	—	100 g Glukose in 250ccm Wasser
	9,15--10,15	22,34	20,40	0,796	14,55	1,99	0,077 g Azeton
	10,22--11,22	22,84	19,80	0,839	—	—	—
	11,28--12,28	22,11	19,82	0,811	—	—	—
4 Std. 22 Min.	12,33--1,33	22,07	19,50	0,806	11,49	1,24	0,042 g Azeton
	1,39--2,39	21,67	19,78	0,797	—	—	—
	2,44--3,44	21,35	19,11	0,812	—	—	—
	3,50--4,50	23,27	20,25	0,836	—	—	—
3 Std. 18 Min.	4,57--5,57	22,02	19,81	0,808	0,95	0,57	0,029 g Azeton
	6,02--7,02	22,13	19,81	0,814	—	—	—
	7,02--10,00	—	—	—	2,40	—	—
	10,00--12,00	—	—	—	0,49	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 g Glukose.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Bemerkungen
8,10--9,10	22,49	22,85	—	—
9,10--9,15	1,87	1,80	—	—
9,15--10,15	22,34	20,40	—	—
10,15--10,22	2,26	—	—	—
10,22--11,22	22,84	—	—	3,80 g N
11,22--11,25	1,14	—	70,12	0,148 g Azeton ausgeschieden in 10 ³ / ₄ Std.
3 Std. 15 Min. . .	72,94	45,05	in 2 Std. 5 Min.	
Nüchternwert in 3 Std. 25 Min. CO ₂	72,15	42,30	Nüchternwert für 2 Std. 5 Min. für O ₂	
Steigerung	+ 0,79	+ 2,75	—	

unter den gegebenen Bedingungen sehr wohl zu Glukosurie führen kann. Die Azeton-
ausscheidung ist in diesem Versuch erheblich geringer als in den Versuchen mit
Kaseinzufuhr. Bei der Berechnung der Gaswechselsteigerung wurden stets nur die
Steigerungen über den Nüchternwert des Tages berücksichtigt. In einzelnen Ver-
suchen ist die Dauer der Gaswechselsteigerung verschieden für CO₂ und O₂, indem
der Sauerstoffverbrauch meist früher wieder auf die Norm absinkt, während die Stei-
gerung der Kohlensäureproduktion länger anhält.

(Versuch 9 siehe nebenstehend.)

Die Dauer der Steigerung ist hier geringer, im übrigen deckt sich das Resultat
mit dem des vorangehenden Versuches. Die Dauer der Zuckerausscheidung scheint
hier länger zu sein als in den vorhergehenden Versuchen. Doch musste die Zahl der
Miktionen während der Zeit des Respirationsversuches auf ein Minimum beschränkt
werden, so dass der Zeitpunkt, an dem der Harn zuckerfrei wurde, bei diesem Ver-
suche nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnte. In den Bestimmungen, in denen
der Harn schon 6¹/₂--7¹/₂ Stunden nach der Aufnahme von 100 g Glukose untersucht

Versuch 9.
Gaswechsel nach Zufuhr von 100 g Glukose.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
4 Std. 18 Min.	8,40— 9,40	21,53	19,12	0,813	—	0,44	Nüchternwerte (Mittel) —
	9,46—10,46	22,55	21,19	0,774	} 22,37	1,38	
	10,51—11,51	20,99	19,25	0,791			
	11,58—12,58	20,71	19,02	0,792			
	5 Std. 39 Min.	1,04— 2,04	20,51	18,25	0,817	} 5,20	
2,10— 3,10		21,12	19,03	0,807			
3,16— 4,16		19,52	17,47	0,812			
4,23— 5,23		20,78	17,74	0,852			
5,28— 6,28		21,30	18,14	0,856			
6,33— 7,33		21,88	19,04	0,855			
7,22— 9,30		—	—	—	0,47	—	
9,30—11,30	—	—	—	negativ	—		

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 g Glukose.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Bemerkungen
9,46—10,46	22,25	21,19	71,96	—
1 Stunde	22,25	21,19	2,35 g N in 10 Std. ausgeschieden	—
Nüchternwert 1 Stunde	21,53	19,12	—	—
Steigerung	+ 0,72	+ 2,07	—	—

worden ist, war die Zuckerausscheidung nach dieser Zeit schon beendet. In dem Versuch 5, wurde schon von der vierten Stunde an zuckerfreier Harn entleert. Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dass die Miktionen stets in die Pausen zwischen den einzelnen Beobachtungsstunden fielen.

Versuch 10.
Gaswechsel nach Zufuhr von 150 g Glukose.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
Nüchternwert	6,30— 7,30	21,60	20,40	—	—	0,31	0,012 g Azeton
4 Std. 15 Min.	7,40— 8,40	21,90	21,17	0,7522	} 31,32	1,95	0,116 g Azeton
	8,45— 9,45	20,73	19,33	0,7801			
	9,50—10,50	21,24	19,29	0,8006			
	10,55—11,55	21,03	20,17	0,7583			
	12,01— 1,01	21,06	18,95	0,8083			
4 Std. 21 Min.	1,06— 2,06	21,02	19,60	0,8167	} 26,48	1,42	0,062 g ..
	2,11— 3,11	21,04	18,96	0,8067			
	3,16— 4,16	21,70	19,44	0,8119			
	4,21— 5,21	21,54	18,64	0,8393			
3 Std. 11 Min.	5,26— 6,21	21,69	17,33	0,8344	} 2,24	0,43	0,034 g ..
	6,27— 7,27	21,69	19,36	0,8145			
	7,27—11,45	—	—	—	1,34	1,68	
	11,45— 3,45	—	—	—	negativ	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 150 g Glukose.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Bemerkungen
7,40—8,40	21,90	21,17	88,62	—
Nüchternwert 1 Stunde	21,60	20,40	3,80 g N ausgeschied.	0,12 g Azeton aus- geschieden
Steigerung	0,30	0,77	—	—

Nach Einnahme von 150 g Glukose ergibt sich ein ähnliches Verhalten des Gaswechsels wie nach Einnahme von 100 g, trotzdem in diesem Fall 88,6 g Zucker verwertet worden sind. Die Dauer der Glukoseausscheidung im Harn beträgt jedoch 11³/₄ Stunden. Die Azetonausscheidung geht im Verlauf des Versuches zurück.

Das Resultat aller Versuche mit einmaliger Zufuhr von Glukose ist dasselbe. Es wird ein Teil der Glukose sofort ausgeschieden. Die Ausscheidung ist am reichlichsten kurz nach der Einnahme des Zuckers und bei Gabe von 100 g nach 6 Stunden zum grössten Teil abgeklungen. Nach einer Dose von 150 g dauert sie bei relativ geringer Verwertung des Zuckers 11³/₄ Stunden. Bei steigender Dose wird die absolute Menge der vermehrten Glukose grösser, während die relative stark absinkt. Von 50 g werden verwertet 47 g, von 100 g 70—76 g, von 150 g nur 87 g.

Der Einfluss auf den Gaswechsel ist in allen Versuchen der gleiche. Nach Zufuhr von 50 g tritt keine, nach 100 g nur minimale Steigerung der CO₂-Ausscheidung ein, die in keinem Verhältnis zur Menge der im Organismus zurückgehaltenen Glukose steht. Dieses Verhalten stimmt überein mit dem von Johansson an mehreren Diabetikern nach Einnahme von 50 g Glukose beobachteten. Der Zucker kann nun nicht im Blut oder in den Geweben einfach retiniert worden sein, denn der Blutzuckerwert ist schon nach 6 Stunden wieder zur Norm abgesunken, die Zuckerausscheidung im Harn ist kurze Zeit später ebenfalls beendet. Die Glukose muss daher in irgend einer Form zur Verwendung gelangt sein. Auffallend bleibt, dass trotz der Hyperglykämie keine oder nur geringe Zuckerverbrennung nachweisbar ist. Wie stark die Hyperglykämie in jedem einzelnen Fall war, liess sich aus technischen Gründen nicht feststellen, doch ergibt der Kontrollversuch mit Blutzuckerbestimmung in kurzen Intervallen deutlich erhöhte Werte.

Das Verhalten des Sauerstoffs ist insofern analog demjenigen der Kohlensäure, als in den ersten Stunden keine oder nur sehr geringe Steigerung auftritt. Nach dieser ganz unbedeutenden, rasch vorübergehenden Steigerung wird aber in den meisten Versuchen ein merkliches Absinken unter den Nüchternwert des Tages beobachtet.

Es war nun am ehesten Aufschluss über das Schicksal der verwerteten Glukose zu erwarten, wenn im Anschluss an die erste Dose eine zweite gereicht wurde, und zwar nach einer Zeit, die hinreichend lang war, um die Rückbildung der durch die erste Zuckereinnahme bedingten Hyperglukämie und Glukosurie zu erlauben. Nach 6 Stunden sind nun diese Erscheinungen zum allergrössten Teil verschwunden, so

dass der Einfluss einer erneuten Zuckereinnahme rein in Erscheinung treten kann. Es wurden folgende Glukosegaben im Abstand von 6¹/₂ Stunden verabreicht: 50 g + 50 g, 50 g + 100 g, 100 g + 100 g.

V. Verhalten des Gaswechsels beim Diabetiker nach zweimaliger Glukosezufuhr im Abstand von 6¹/₂ Stunden.

Versuch 11.

Gaswechsel nach Einnahme von 50 + 50 g Glukose im Abstand von 6¹/₂ Stunden.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	7,35— 8,35	19,57	18,79	—	negativ	0,44 pro Std.	Nüchternwert
Periode 1	8,45— 9,45	20,76	19,61	0,770	5,87	2,77	50 g Glukose in 150 ccm Wasser
	9,50—10,50	21,77	20,11	0,787			
	10,55—11,55	19,85	17,83	0,791			
	12,01— 1,01	20,46	18,36	0,810			
	1,05— 2,06	19,85	18,41	0,784			
Periode 2	2,11— 3,11	19,31	17,51	0,802	—	—	do.
	3,20— 4,20	21,57	19,56	0,802	—	—	—
	4,27— 5,27	22,03	20,53	0,781	—	—	—
	5,37— 6,37	21,37	18,55	0,837	—	—	—
	6,42— 7,42	21,58	19,89	0,789	—	—	—
	7,42— 8,47	—	—	—	10,49	2,02	4,79 g in 12 Std. ausgeschieden
	8,47—11,15	—	—	—	0,64	—	—
11,15— 1,15	—	—	—	negativ	—	—	

Periode 1 5 Std. 30 Min. Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Periode 2 Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet
8,45— 9,45	20,76	19,61	44,13	3,20— 4,20	21,37	19,56	39,35
9,45— 9,50	1,77	1,64		4,20— 4,27	2,54	2,34	
9,50—10,55	21,77	18,26		4,27— 5,27	22,03	20,53	
10,50—10,55	1,73	—		5,27— 5,37	3,61	3,26	
10,55—11,55	19,85	—		5,37— 6,42	21,37	18,55	
11,55—12,01	2,02	—		6,37— 6,42	1,79	1,60	
12,01— 1,01	20,46	—		6,42— 7,40	20,86	19,23	
1,01— 1,06	1,67	—					
1,06— 2,05	19,52	—					
5 Std. 20 Min. Nüchternwert	108,55	39,51	1 Std. für O ₂	4 Std. 20 Min. Nüchternwert	93,77	85,07	—
5 Std. 20 Min. .	104,30	37,58	1 „ „ „	4 Std. 20 Min. .	84,75	81,36	—
Steigerung in Periode 1 . . .	+5,25	+1,93	—	Steigerung in Periode 2 . . .	+9,02	+37,1	—

Das Resultat des Versuches ist insofern abweichend von den vorhergehenden, als die Zufuhr von 50 g Glukose, von denen 44,1 verwertet werden, eine mässige Steigerung des Gaswechsels bedingt. Die Einwirkung der zweiten Glukosegabe, die 6¹/₂ Stunden nach der ersten gereicht worden ist, bedingte aber eine viel bedeutendere Steigerung des Gaswechsels, trotzdem von derselben nur 39 g verwertet worden sind. Es wurde bei allen Berechnungen nur die Steigerung über den Nüchternwert des Tages berücksichtigt. Diese ist für den O₂-Verbrauch meist viel rascher abgeklungen

als für die CO_2 -Ausscheidung. Im Anschluss an die erste Glukosezufuhr gehen die Gaswechselwerte öfters beträchtlich unter die Nüchternwerte des Tages herab, eine Erscheinung, die von verschiedenen Beobachtern sowohl nach Kohlehydratzufuhr wie auch von Jaquet nach Muskeltätigkeit registriert worden ist. Dieses Verhalten des Gaswechsels, das sich nur schwierig zahlenmässig in Form einer negativen Bilanz ausdrücken lässt, ist aus den ersten Tabellen jedes Versuches, die den stündlichen Gaswechsel angeben, jeweils ersichtlich. Dadurch, dass in den einzelnen Versuchen aber nur die Steigerungen berücksichtigt werden, die in den ersten Stunden nach der Zuckereinnahme auftreten, werden die Bilanzen naturgemäss stets positiv, mit Ausnahme derjenigen Fälle, in denen überhaupt von Anfang an ein Abstieg des Gaswechsels eintritt. In diesen Fällen wird die Steigerung = 0 gesetzt. Dieser Fall ist jedoch nur einmal (Versuch 6) eingetreten. Dem vollständigen Ausbleiben einer Gaswechselsteigerung kann natürlich keine andere Bedeutung zukommen, als den geringfügigen Anstiegen in den Versuchen 6—10.

Versuch 12.

Gaswechsel nach Zufuhr von 50 + 100 g Glukose im Abstand von 6 $\frac{1}{2}$ Stunden.

	Zeit	CO_2 -Aus- scheidung	O_2 -Ver- brauch	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen			
	6,30—7,30	21,95	20,13	0,793	negativ	—	Nüchternwerte			
	7,35—8,35	22,65	21,47	0,767	—	1,04 pro Std.	—			
Mittel der Nüchternwerte		22,30	20,80	—	—	—	—			
Periode 1	8,45—9,45	24,74	22,06	0,811	5,02	2,99	50 g Glukose			
	9,50—10,50	19,77	24,48	0,739						
	10,55—11,55	20,20	18,05	0,814						
	12,00—1,00	19,00	17,60	0,732						
	1,05—2,05	19,49	18,02	0,771						
	2,10—3,10	21,20	17,61	0,875						
Periode 2	3,20—4,20	20,28	18,83	0,783	25,47	—	100 g „			
	4,25—5,25	22,18	19,43	0,830						
	5,30—6,30	21,10	20,12	0,759						
	6,35—7,35	21,77	18,79	0,843						
	7,41—8,41	21,55	18,76	0,833						
	8,45—10,45	—	—	—				0,38	—	—
	10,45—12,45	—	—	—				negativ	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 50 + 100 g Glukose.

Zeit	CO_2 -Aus- scheidung	O_2 -Verbrauch	Glukose verwertet	
8,45—9,45	24,74	22,06	44,98	
9,45—9,50	—	1,94	—	
9,50—10,50	—	24,48	—	
CO_2 -Nüchternwert f. 1 Std.	24,74	48,48		O_2 -Nüchternwert für 2 Std. [15 Min.]
	22,30	45,30		
	2,44	3,18		

Nach Zufuhr der 100 g Glukose in der zweiten Periode findet kein Ansteigen über den Nüchternwert des Tages statt.

Auch in diesem Versuch bedingen die 45 g zur Verwertung gelangte Glukose eine kurzdauernde geringfügige Gaswechselsteigerung, während der Einfluss der zweiten

Gabe von 100 g ohne Einfluss auf den Gaswechsel bleibt, trotzdem 74 g im Organismus retiniert worden sind.

Versuch 13.

 Gaswechsel nach Einnahme von 100 g + 100 g Glukose im Abstand von 6¹/₂ Stunden.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	6,30—7,30	20,45	20,31	0,732	negativ	0,48 pro Std.	Nüchternwerte
	7,35—8,35	20,29	19,59	0,753	—		—
Mittel der Nüchternwerte		20,37	19,95	—	—	—	—
Periode 1	8,45—9,45	20,30	20,12	0,737	30,64	1,85	100 g Glukose in 230ccm Wasser
	9,50—10,50	20,64	19,47	0,773			
	10,55—11,55	20,19	19,26	0,762			
	12,00—1,00	20,42	18,67	0,795			
	1,05—2,05	18,76	17,06	0,799			
	2,11—3,11	20,41	18,41	0,806			
Periode 2	3,25—4,25	24,65	22,77	0,797	24,12	2,56	do.
	4,31—5,31	23,30	20,81	0,814			
	5,40—6,40	22,08	20,04	0,899			
	6,45—7,45	24,41	22,02	0,806			
	7,50—8,50	23,30	21,35	0,794			
	8,50—11,00	—	—	—	2,30	—	4,41 g N in 12 Std. ausgeschieden
	11,00—1,00	—	—	—	negativ	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Einnahme von 100 + 100 g Glukose.

Zeit 2 Std. 15 Min.	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Zeit 5 Std. 30 Min.	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet
8,45—9,45	20,39	20,12	69,36	3,25—4,25	24,65	22,77	73,54
9,45—9,50	1,71			4,25—4,31	2,40	2,18	
9,50—10,50	20,64			4,31—5,31	23,30	20,81	
10,50—11,00	3,40			5,31—5,40	3,40	3,24	
				5,40—6,40	22,08	20,04	
		6,40—6,45	1,93	1,75			
		6,45—7,45	24,41	22,02			
		7,45—7,50	2,03	1,81			
		7,50—8,50	23,30	21,35			
		8,50—8,55	1,94	1,83			
2 Std. 15 Min. . . .	46,14	20,12	—	2 Std. 20 Min. . . .	129,44	117,80	—
Nüchternwert 2 Std.			—	Nüchternwert 5 Std.			—
15 Min.	45,83	19,59	—	30 Min.	112,04	109,55	—
Steigerg. in Periode 1	+0,31	+0,53	—	Steigerg. in Periode 2	+17,40	+8,25	—

In Übereinstimmung mit den Resultaten, die nach einmaliger Glukosezufuhr erhalten worden sind, üben in diesem Versuch die 69,5 g retinierter Glukose keinen steigernden Einfluss auf den Gaswechsel aus. Die Werte für Kohlensäure fallen eine Spur ab, während das Absinken für den Sauerstoffverbrauch ein recht erhebliches zu nennen ist. Ganz anders ist das Verhalten in der 2. Periode; von den 73,9 g verwerteter Glukose wird eine sehr erhebliche Steigerung des Gaswechsels bedingt, die besonders für die Kohlensäureproduktion sehr ausgesprochen ist.

In Versuch 13 ist zur Kontrolle die Stickstoffausscheidung im Harn an den vier dem Versuche vorangehenden und an den drei nachfolgenden Tagen bestimmt worden, um einen Ueberblick über die tägliche N-Ausscheidung zu gewinnen.

Tage vor dem Versuch . . .	4	3	2	1 (Gemüsetag)
Gramm N ausgeschieden . . .	13,7	13,4	11,4	7,4
Tage nach dem Versuch . . .	1	2	3	
Gramm N ausgeschieden . . .	14,4	16,0	16,4	

Am 4.—2. Tage vor dem Versuch ist die N-Ausscheidung konstant. Am ersten Tage, dem Gemüsetag, sinkt sie stark ab, um sich an den folgenden Tagen über die Werte der Vorperiode zu erheben; es wird dies auf den gesteigerten Nahrungsbedarf nach dem kalorienarmen Versuchstag zurückzuführen sein. Die N-Ausscheidung muss als verhältnismässig gleichförmig bezeichnet werden.

Versuch 14.

Gaswechsel nach Zufuhr von 100 + 100 g Glukose im Abstand von 6½ Stunden.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	6,41—7,41	21,24	20,68	0,753	negativ	—	Nüchternwerte
	7,46—8,46	22,20	19,97	0,808		0,50	„
Mittel der Nüchternwerte		21,72	20,33	—	—	—	—
Periode 1	8,55—9,55	23,47	21,71	0,988	33,66	3,37	100 g Glukose in 250 cem Wasser
	10,01—11,01	21,61	19,00	0,827			
	11,06—12,06	22,01	19,43	0,824			
	12,12—1,12	21,73	18,66	0,774			
	1,17—2,17	20,39	18,77	0,772			
	2,22—3,22	20,60	17,91	0,837			
Periode 2	3,31—4,31	23,77	21,13	0,818	62,30	2,47	do.
	4,36—5,36	22,48	20,54	0,796			
	5,41—6,41	22,98	20,06	0,833			
	6,46—7,46	23,64	21,01	0,818			
	7,51—8,51	23,02	19,98	0,838			
	8,51—12,00	—	—	—			
	12,00—2,00	—	—	—	1,20	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 + 100 g Glukose im Abstand von 6½ Stunden.

Periode 1 Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Periode 2 Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose ver- wertet
8,55—9,55	23,47	21,71	66,3	3,31—4,31	23,77	21,13	38,54
9,55—10,01	1,52	—		4,31—4,36	1,93	1,74	
10,01—11,01	21,61	—		4,36—5,36	22,48	20,54	
11,01—11,06	1,82	—		5,36—5,41	1,89	1,69	
11,06—12,06	22,01	—		5,41—6,41	22,98	—	
12,06—12,10	2,19	—		6,41—6,46	1,94	—	
12,10—1,10	21,06	—		6,46—7,46	23,64	—	
				7,46—7,51	1,94	—	
			7,51—8,51	21,11	—		
CO ₂ in 4 Std. 15 Min. Nüchternwert in 4 Std. 15 Min. . . .	93,67 92,31	21,71 20,33	O ₂ in 1 Std. do.	O ₂ in 2 Std. 10 Min. Nüchternwert in 5 Std. 15 Min. . . .	121,68 114,03	45,10 44,05	O ₂ in 2 Std. 10 Min. do.
Steigerung in der Periode 1	+1,36	+1,38	—	Steigerung in der Periode 2	+7,65	+1,05	—

Das Verhalten des Gaswechsels in Versuch 14 deckt sich mit demjenigen in Versuch 13. Ein Unterschied besteht nur darin, dass von der zweiten Glukosezufuhr verhältnismässig wenig verwertet worden ist; diese relativ geringe Glukosemenge hat jedoch eine deutliche Erhöhung des Gaswechsels hervorgerufen, während die 66 g retinierten Zuckers der ersten Zufuhr ohne merklichen Einfluss auf den Gaswechsel geblieben sind.

Versuch 15.

Gaswechsel nach Zufuhr von 100 + 100 g Glukose im Abstand von 6½ Stunden.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	7,35— 8,35	20,48	18,51	0,805	negativ	0,42 pro Std.	Nüchternwerte
Periode 1	8,50— 9,50	23,18	21,29	0,792	25,03	3,90	100 g Glukose in 250 ccm Wasser
	9,55—10,55	21,34	19,97	0,777			
	11,00—12,00	21,65	20,21	0,779			
	12,05— 1,05	20,61	22,01	0,680			
	1,10— 2,10	22,11	20,56	0,782			
	2,15— 3,15	21,73	19,84	0,797			
Periode 2	3,25— 4,25	22,69	20,68	0,798	36,46	2,13	do.
	4,32— 5,32	23,87	21,62	0,802			
	5,37— 6,37	25,24	20,73	0,815			
	6,42— 7,42	22,31	20,48	0,792			
	7,47— 8,47	22,93	20,82	0,800			
	8,47—11,00	—	—	—	3,51	—	4,03 g N in 12 Std. ausgeschieden

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 + 100 g Glukose.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet
8,50— 9,50	23,18	21,29	74,97	3,25—4,25	22,69	20,68	60,04
9,50— 9,55	1,86	1,72		4,25—4,32	2,72	2,46	
9,55—10,55	21,34	19,97		4,32—5,32	23,87	21,62	
10,55—11,00	1,79	1,87		5,32—5,37	1,96	1,76	
11,00—12,00	21,65	20,21		5,37—6,37	23,24	20,73	
12,00—12,05	1,76	1,76		6,37—6,42	1,90	1,72	
12,05— 1,05	20,61	22,01		6,42—7,42	22,31	20,48	
1,05— 1,10	1,78	1,77		7,42—7,47	1,88	1,72	
1,10— 2,10	22,11	20,56		7,47—8,45	22,17	20,12	
2,10— 2,15	1,82	1,68					
2,15— 3,10	20,11	18,19					
5 Std. 20 Min. .	138,01	131,03	—	5 Std. 20 Min. .	122,74	111,29	—
Nüchternwert in				Nüchternwert in			
6 Std. 20 Min. .	129,64	117,17	—	5 Std. 20 Min. .	109,16	98,66	—
Steigerung in der Periode 1 . . .	+ 8,37	+ 13,86	—	Steigerung in der Periode 2 . . .	+ 13,58	+ 12,63	—

Die Gaswechselsteigerung in der ersten Periode ist bei der Verwertung von 75 g Glukose relativ gering im Vergleich mit der Steigerung von Kohlensäureproduktion und Sauerstoffverbrauch in der 2. Periode, während nur 60 g Zucker im Organismus verblieben sind.

Versuch 16.

Gaswechsel nach Zufuhr von 100 + 100 g Glukose im Abstand von 7 $\frac{1}{2}$ Stunden.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ O ₂	Glukose im Harn	N im Harn	Bemerkungen
	3,08— 4,08 4,14— 5,14	21,64 22,20	20,50 20,32	0,768 0,795	negativ „	} 0,68	Nüchternwerte
Mittel der Nüchternwerte		21,92	20,41	—	—		
Periode 1	5,25— 6,25	27,16	24,63	0,802	} 27,72	2,93	100 g Glukose in 250 ccm Wasser
	6,32— 7,32	25,84	23,68	0,793			
	7,40— 8,40	24,95	22,37	0,811			
	8,46— 9,46	23,23	20,30	0,832			
	9,53— 10,53	20,66	18,23	0,824			
	10,58— 11,58	20,18	16,55	0,887			
	12,03— 1,03	20,20	17,69	0,831			
Periode 2	1,15— 2,15	22,44	20,01	0,815	} 35,7	2,00	do.
	2,21— 3,21	22,87	19,81	0,840			
	3,27— 4,27	22,31	18,77	0,864			
	4,32— 5,32	21,52	18,33	0,854			
	5,40— 6,40	22,38	19,36	0,841			
	6,45— 7,45	21,05	18,44	0,830			
	7,45— 1,00	—	—	—	8,25 1,10	0,84 —	im Stuhl keine Glukose
	1,00— 3,00	—	—	—	0,02	—	—

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 + 100 g Glukose
im Abstand von 7 $\frac{1}{2}$ Stunden.

Periode 1 Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet	Periode 2 Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Glukose verwertet
5,25—6,25	27,16	24,63	} 72,3	1,15—2,15	22,44	20,01	} 55
6,25—6,32	2,40	2,10		2,15—2,21	2,67	2,34	
6,32—7,32	25,84	23,68		2,21—3,21	22,87	19,81	
7,32—7,40	2,96	2,70		3,21—3,27	2,26	1,92	
7,40—8,40	24,95	22,37		3,27—4,27	22,31	18,77	
8,40—8,46	2,40	2,10		4,27—4,32	1,83	1,54	
8,46—9,46	23,23	20,30		4,32—5,32	21,52	18,33	
9,46—9,55	3,29	2,89		5,32—5,40	2,93	2,51	
				5,40—6,40	22,38	19,36	
				6,40—6,45	1,81	1,57	
			6,45—7,45	21,05	18,44		
4 Std. 30 Min.	112,23	100,77	—	6 Std. 30 Min.	144,07	124,60	—
Nüchternwert				Nüchternwert ¹⁾			
4 Std. 30 Min.	98,64	91,85	—	6 Std. 30 Min.	132,27	113,68	—
Steigerung in der Periode 1	+13,59	+8,92	—	Steigerung in der Periode 2	+11,80	+10,92	—

1) Als Nüchternwert für die 2. Periode wurde das Mittel aus den drei letzten Werten der ersten Versuchshälfte gewählt. 20,35 weil sich der Gaswechsel im Verlauf von mehr als 3 Stunden konstant auf dieser Höhe gehalten hat und weil der Nüchternwert des Tages verhältnismässig früh, 7 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme bestimmt worden ist.

Die Mehrzahl der Versuche ergibt eine verhältnismässig gute Ausnützung der ersten Zuckergabe. Die Ausnützung ist ziemlich gleich-

mässig, sie schwankt nur zwischen 66 und 74 g für 100 g Zufuhr. Entsprechend den Befunden bei einmaliger Glukosezufuhr findet nach der ersten Zuckereinnahme in den meisten Versuchen keine oder nur geringe Steigerung des Gaswechsels statt. Dagegen tritt in einigen Fällen in den späteren Stunden ein deutliches Absinken der CO₂-Produktion und besonders auch des Sauerstoffbedarfes unter den Nüchternwert des Tages ein. Ein Verhalten, das schon von verschiedenen Autoren¹⁾ nach Nahrungszufuhr und ebenso nach angestrenzter Muskeltätigkeit registriert worden ist²⁾. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse bei der 2. Dose. Die Verwertung derselben ist mit Ausnahme von Versuch 13 viel geringer als für die erste Zufuhr und erheblichen Schwankungen unterworfen, indem von 100 g 38—73 g im Organismus verbleiben. Dagegen ist eine ausgesprochene Einwirkung auf den Gaswechsel erkennbar und zwar im Sinne einer Steigerung. Unmittelbar nach der Zuckereinnahme steigen Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffverbrauch an, und der Gaswechsel bleibt in den nächsten 4—5 Stunden erhöht.

Das Verhalten des Gaswechsels in den einzelnen Versuchen ist in Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II.

Verhalten der Glukoseausscheidung und des Gaswechsels in Versuch 6—16.

Ver- such	Glukose eingenommen in Periode		Glukose verwertet in Periode		Steigerung der CO ₂ -Ausscheidung in Periode		Steigerung des O ₂ -Verbrauchs in Periode	
	1	2	1	2	1	2	1	2
6	50	—	47,3	—	0	—	0	—
7	100	—	76,1	—	1,13	—	0,89	—
8	100	—	70,1	—	0,79	—	2,75	—
9	100	—	72,0	—	0,72	—	2,07	—
10	150	—	88,6	—	0,30	—	0,77	—
11	50	50	44,1	39,4	5,25	9,02	1,93	3,71
12	50	100	45,0	74,0	2,44	0	3,18	0
13	100	100	69,4	73,5	0,31	17,40	0,53	8,25
14	100	100	66,3	38,5	1,36	7,65	1,38	1,05
15	100	100	75,0	53,9	8,37	13,58	13,86	12,63
16	100	100	72,3	55,0	13,60	11,80	8,90	10,92

Wird für die vier letzten Versuche (13—16), in denen für jede Periode 100 g Glukose gereicht worden sind, um allgemein orientierende Zahlen zu gewinnen, das Mittel genommen für die in der 1. und 2. Periode verwertete Glukose und für die Steigerung der CO₂-Ausscheidung in den beiden Perioden, so erhält man folgende Werte:

	Verwertet in der	Steigerung der CO ₂ -Ausscheidung	Steigerung des O ₂ -Verbrauchs
Periode 1 . .	70,85 g	5,9	6,18
„ 2 . .	55,20 g	12,6	8,21

1) Johannsson, Löffler, l. c.

2) Jaquet, l. c.

Diese Mittelzahlen zeigen sehr deutlich den Unterschied zwischen der 1. und der 2. Periode an. Trotz ausgiebiger Verwertung des Zuckers in der 1. Periode ist die Steigerung der CO_2 -Ausscheidung nur mässig, in der 2. Periode dagegen bei bedeutend geringerer Verwertung des zugeführten Zuckers ist die CO_2 -Ausscheidung bedeutend höher, indem sie mehr als das Doppelte des Wertes der 1. Periode erreicht.

Für den Sauerstoffverbrauch sind die Unterschiede weniger scharf. Zwar gehört auch zu der bedeutenderen Glukoseverwertung in der 1. Periode ein niedrigerer O_2 -Verbrauch und der geringeren Glukoseverwertung in der 2. Periode entspricht ein relativ hoher, doch sind die Unterschiede nicht so bedeutend wie für die CO_2 -Ausscheidung. Für die Bewertung muss aber noch besonders hervorgehoben werden, dass die Werte für den stündlichen O_2 -Verbrauch in allen Versuchen mit Ausnahme von Nummer 15 nach einer mehr oder weniger kurzdauernden Steigerung im Verlauf der späteren Stunden unter den Nüchternwert des Tages abfielen und zwar manchmal recht bedeutend. Dieser Abfall der Werte für die CO_2 -Ausscheidung ist ebenfalls in vielen Versuchen deutlich, jedoch meist lange nicht so ausgesprochen wie für den O_2 -Verbrauch. In den Berechnungen sind vorläufig nur die Steigerungen über den Grundumsatz berücksichtigt worden. Das Absinken der Werte unter den Nüchternwert soll vorläufig nur registriert werden, ohne dass näher auf diese komplexe Frage eingetreten wird.

Wird in den Versuchen, in denen die Gaswechselsteigerung beträchtlichere Werte erreicht, die Menge des von der zweiten Gabe verwerteten Zuckers mit der Ausscheidung der Kohlensäure in Beziehung gesetzt, unter Zugrundelegung der Berechnungsweise Johannsson's, indem aus den erhaltenen Zahlen berechnet wird, welche Steigerung der Kohlensäureausscheidung einer bestimmten Menge verwertbarer Glukose entspricht, so ergibt sich aus Versuch 5, dass 39,4 g verwertete Glukose eine Steigerung der Kohlensäureproduktion um 9 g bewirken, aus Versuch 8, dass 38,5 g Glukose eine solche von 7,7 g hervorbringen. Daraus berechnet sich eine Kohlensäureproduktion von 10,75 g im Mittel für 50 g verwerteter Glukose.

Die Proportionalität zwischen verwerteter Glukose und Kohlensäurebildung zeigt sich sehr deutlich in der nachstehenden Tabelle III, die auf Grund der oben erhaltenen Zahlen berechnet ist. Die Versuche sind nach der Menge der jeweils verwerteten Glukose geordnet.

Die Abweichung der beobachteten Werte von den berechneten muss als sehr gering bezeichnet werden, so dass man mit Sicherheit feststellen kann, dass zwischen der Menge der in der 2. Gabe verwerteten Glukose und der Kohlensäureproduktion eine direkte Proportionalität besteht, in den Fällen, in denen eine erhebliche Einwirkung auf den Gaswechsel überhaupt stattge-

funden hat. Die Beobachtung, dass in Versuch 6 nach Einnahme von 50 + 100 g Glukose nur eine sehr geringfügige Steigerung des Gaswechsels stattgefunden hat, ist im Hinblick auf die Versuche nach einmaliger Zufuhr von 100 und von 150 g Glukose, die ebenfalls einen Einfluss auf den Gaswechsel vermischen liessen, nicht erstaunlich. Schwieriger zu deuten ist die zweimal beobachtete Steigerung des Gaswechsels, die schon nach Zufuhr von 50 g Glukose eingetreten ist, doch widerspricht auch diese Beobachtung der später zu erörternden Auffassung nicht.

Tabelle III.

Versuchsnummer	Verwertete Glukose in Gramm	Steigerung der CO ₂ -Ausscheidung in Gramm		Differenz
		beobachtet	berechnet	
14	38,5	7,7	8,3	- 0,6
11	39,4	9,0	8,5	+ 0,5
16 (2)	55	11,8	11,8	0
15	60	13,6	12,9	+ 0,7
16 (1)	72,3	13,6	15,5	- 1,9
13	73	17,4	15,7	+ 1,7

Für den Sauerstoffverbrauch liegen die Verhältnisse komplizierter, indem sich eine Proportionalität zwischen Glukoseverwertung und Sauerstoffverbrauch nicht finden lässt. Dafür dürfte in erster Linie der Umstand verantwortlich zu machen sein, dass in den meisten Versuchen ein sehr erhebliches Absinken der Sauerstoffwerte auftritt. Die Steigerung für den Sauerstoff fällt bedeutend aus, dort wo kein vorheriges Absinken stattgefunden hat, wie in Versuch 9; sie ist gering im Anschluss an eine bedeutende Senkung, wie in Versuch 7.

Die strenge Proportionalität zwischen der Menge des verwerteten Zuckers und der Steigerung der Kohlensäure besteht in gleicher Weise wie beim Gesunden. Auch ist die absolute CO₂-Steigerung für 50 g verwertete Glukose ebenso gross, wie beim normalen, bei dem sie durchschnittlich 10 g beträgt.

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die zur Verwertung gelangende Glukosemenge der **2. Portion** die gleichen unmittelbaren Veränderungen erleidet wie beim Gesunden.

Wie erklärt sich nun das häufige Fehlen des Einflusses auf den Gaswechsel bei Zufuhr der ersten Glukosegabe?

Die verwertete Glukose kann gleich nach ihrer Einnahme nach drei Richtungen hin Umwandlungen erfahren, erstens kann sie unmittelbar verbrannt werden, erleidet oxydative Umwandlung, gibt also Anlass zu Mehrverbrauch von Sauerstoff und Mehrausscheidung von Kohlensäure. Zweitens kommen Umwandlungen reduktiver Art in Betracht, der Zucker geht in sauerstoffärmere Verbindungen über, also in erster Linie in Fett.

Dies müsste sich am respiratorischen Stoffwechsel durch ein Absinken des Sauerstoffverbrauches bei gleichbleibenden Werten für Kohlensäure äussern. Schliesslich kann die Glukose noch in der Weise umgewandelt werden, dass sie unter Wasseraustritt zu grösseren Molekülen kondensiert wird, also in Glykogen übergeht. Diese Art der Veränderung wird auf den Gaswechsel keinerlei Einfluss ausüben. Die erste Art der Verwertung, die unmittelbare Verbrennung, ist für die Hauptmenge der ersten Zuckerportion auszuschliessen, weil nach ihrer Einnahme in der Mehrzahl der Fälle die Steigerung des Gaswechsels nur unbedeutend ist (Versuche 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14). In Versuch 11, 15 und 16 findet schon in der ersten Periode eine ausgesprochene Steigerung des Gaswechsels statt, so dass hier unmittelbare Verbrennung der Glukose in erheblicherem Masse angenommen werden muss. Die Proportionalität zwischen der Menge verwerteter Glukose und Steigerung der CO_2 -Ausscheidung in der 1. Periode besteht aber unter allen 11 Versuchen mit Zuckerezufuhr nur einmal in Versuch 16, während für die zweite Gabe diese Proportionalität in allen Fällen, in denen die Steigerung überhaupt auftritt, beobachtet wird (Versuche 11, 13, 14, 15, 16). Für die zweite Art der Umwandlung scheint der Umstand zu sprechen, dass in einer Reihe von Versuchen ein deutliches Absinken der Sauerstoffwerte unter den normalen Nüchternwert zur Beobachtung kommt. Fettbildung ist danach wohl möglich, wenn sie auch anscheinend nicht in sehr hohem Masse erfolgt. Ein beträchtlicher Teil des Zuckers muss bei der ersten Zufuhr in einer solchen Form zur Ablagerung gelangen, dass sich der Einfluss dieses thesaurierten Zuckers bei der zweiten Glukosezufuhr wieder geltend macht; denn bei der zweiten Zufuhr tritt nun regelmässig Zuckerverbrennung ein, die sich eben durch eine der verwerteten Glukosemenge proportionale Steigerung der Kohlensäureproduktion dokumentiert. Es ist schwierig sich vorzustellen, dass der in der ersten Zufuhr gespeicherte Zucker nach Umwandlung in Fett seinen Einfluss bei weitem Zufuhren wieder geltend machen könnte. Auch ist zu erwarten, dass das Vermögen des Organismus zur Fettbildung bei Zufuhr der zweiten Dose in gleicher Weise vorhanden ist, wie bei Aufnahme der ersten. Es muss aber nach dem beobachteten Verhalten das Speicherungsvermögen für die erste Dose ein verhältnismässig eng begrenztes sein. Dies ist am einfachsten erklärlich durch die Annahme, dass ein Teil des Zuckers in Form von Glykogen aufgestapelt worden ist, und damit steht auch das Verhalten des Gaswechsels in Einklang. Die verschiedene Einwirkung der ersten und der zweiten Zuckerezufuhr weist mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass ein Teil der ersten Dose zur Glykogenbildung verwertet worden ist und erst nach Anfüllung des Depots die Verbrennung der Glukose der 2. Portion, die sich in der Gaswechselsteigerung zu erkennen gibt, beginnt. Für die zur Verwertung gelangende Glukose verläuft sie dann in gleicher Weise wie beim Gesunden.

Aber auch das Verhalten des Gaswechsels bei Zufuhr der ersten Dose findet ihr Analogon beim Gesunden, indem sich der Diabetiker ganz so verhält, wie die glykogenarm gemachten normalen Versuchspersonen Johannsson's¹⁾.

Dass wir in unserm Diabetiker unter den Bedingungen des Versuches eine glykogenarme Versuchsperson vor uns haben, ergibt sich aus dem Umstand, dass grosse Mengen von Azetonkörpern im Harn ausgeschieden werden, und dass die N-Ausscheidung ohne Nahrungszufuhr verhältnismässig hoch war. Wir haben also im Diabetiker unter den Bedingungen unserer Versuche nicht einen Nüchternen im eigentlichen Sinne vor uns, sondern einen Hungernden.

Nur ein Versuch (Nr. 16) ergibt für die 1. und für die 2. Periode eine Mehrausscheidung von Kohlensäure, die der verwerteten Zuckermenge proportional ist. Hier zeigt sich also das gleiche Verhalten wie beim gesunden Menschen im nüchternen Zustand, d. h. mit ergänztem Glykogenvorrat. Ob dieses abweichende Verhalten gegenüber allen andern Versuchen zum Teil darauf zurückzuführen ist, dass dieser Versuch schon 9 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme begonnen worden ist, lässt sich schwer entscheiden, ist aber wohl möglich.

Es muss weiteren Versuchen vorbehalten bleiben, die Richtigkeit der hier entwickelten Deutung für das unterschiedliche Verhalten des Gaswechsels beim Diabetiker bei einmaliger und bei zweimaliger Glukosezufuhr zu prüfen.

Der Umstand, dass beim pankreaslosen Hund und bei dem am Koma verstorbenen Menschen glykogenfreie Lebern gefunden werden, ist kein Beweis dafür, dass der Diabetiker überhaupt kein Glykogen ansetzen kann. In den ersten Fällen handelt es sich um „absoluten“ Diabetes, um vollständiges, oder nahezu vollständiges Unvermögen des Organismus, Kohlehydrate zu verwerten, ein Zustand, mit dem das Leben nur für ganz kurze Zeit vereinbar ist. Die Versuche bei absolutem Diabetes sind wohl geeignet über das Wesen der diabetischen Störung Aufklärung zu geben, direkte Schlüsse über den Stoffwechsel des diabetischen Menschen während des grössten Teiles seiner Krankheit lassen sie jedoch nicht zu. Dass die Organe auch des schweren Diabetikers Glykogen zu speichern imstande sind, ergibt sich aus dem bekannten Glykogenbefunde in den Nierenepithelien bei schwerem Diabetes.

Die Bilanzversuche lassen natürlich keinen Schluss zu über den Ort der Glykogenspeicherung. Da es sich aber um den Ansatz grösserer Mengen handelt, muss der Stapelplatz auch in einem grösseren Organ zu suchen sein und dafür kommt wohl, wie beim Gesunden, in erster Linie die Leber in Frage.

Ohne aus Bilanzversuchen zu weitgehende Schlüsse auf den intermediären Stoffwechsel ziehen zu wollen, können wir doch sagen, dass

1) Johannsson, l. c.

nach den vorliegenden Versuchen in einem Fall von mittelschwerem Diabetes Glykogenansatz erfolgt, und dass nach Anreicherung der Glykogendepots ein Teil des Zuckers wie beim Gesunden verbrannt wird.

Dieser Befund ist in vollständiger Uebereinstimmung mit der Feststellung K. Barrenscheen's¹⁾, dass partielle Pankreasausschaltung bei ausgeprägten funktionellen Störungen die Glykogenbildung in der isolierten überlebenden Leber des betreffenden Hundes nicht hindert.

Endlich ergibt sich im Hinblick auf das Verhalten des Gaswechsels nach Kaseinzufuhr die bemerkenswerte Feststellung, dass die absolute Erhöhung des Gaswechsels die durch Kasein hervorgerufen wird, vom Vorhandensein oder Fehlen der Glykogendepots unabhängig ist. Im Gegensatz zu einmaliger Zuckerezufuhr setzt nach Kaseineinnahme die Steigerung der Kohlensäureproduktion und des Sauerstoffverbrauches in den meisten Fällen sofort ein und erreicht absolut die gleichen Werte wie beim Gesunden. Derjenige Teil des Kaseins, der zur Gaswechselsteigerung Anlass gibt, kann kaum in Kohlehydrat umgewandelt worden sein, denn wären intermediär Kohlehydratkomplexe entstanden, so wären diese wohl der Glykogenbildung anheim gefallen. Ob tatsächlich aus dem nicht unmittelbar verbrennenden Anteil des Kaseins doch Glykogen entsteht, könnte durch die Zufuhr von Glukose in geeignetem Abstand nach der Kaseinnahrung entschieden werden.

Im Hinblick auf die Resultate Johannsson's wurde noch ein Versuch mit Lävulosezufuhr ausgeführt und dabei in gleicher Weise verfahren, wie bei den Glukoseversuchen.

Versuch 17.

Gaswechsel nach Zufuhr von 100 g + 100 g Lävulose im Abstand von 7 Stunden.

	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	CO ₂ / O ₂	Glukose in Harn	N im Harn	Bemerkungen
	6,30—7,30	22,13	19,78	0,814	negativ	—	Nüchternwert
	7,35—8,35	22,36	19,49	0,834	—	—	„
Mittel der Nüchternwerte		22,25	19,63	—	—	—	—
Periode 1	8,45—9,45	24,27	21,16	0,834	9,2	—	100 g Lävulose in 250 g Wasser
	9,50—11,15	34,67	28,85	0,874			
	11,25—12,25	22,83	19,50	0,851			
	12,30—1,30	21,36	17,95	0,857			
	1,34—2,34	21,54	18,74	0,078			
	2,39—3,39	19,54	17,60	0,808			
Periode 2	3,46—4,46	23,84	19,92	0,870	20,25	—	do.
	4,51—5,51	23,99	21,74	0,830			
	5,56—6,56	24,44	20,86	0,852			
	7,03—8,03	24,68	21,33	0,842			
	8,08—9,08	23,32	21,10	0,842			
	9,08—11,00	—	—	—			

1) Biochem. Zeitschr. Bd. 58. S. 277.

Steigerung des Gaswechsels nach Zufuhr von 100 g + 100 g Lävulose im Abstand von 7 Std.

Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Fruktose verwertet	Zeit	CO ₂ -Aus- scheidung	O ₂ -Ver- brauch	Fruktose verwertet
8,45— 9,45	24,27	21,16	} 90,8	3,46— 4,16	23,84	19,92	} 77,88
9,45— 9,50	2,03	1,73		4,46— 4,51	1,99	1,73	
9,50—11,15	34,67	28,85		4,51— 5,51	23,99	21,74	
11,15—11,25	3,94	3,21		5,51— 5,56	2,01	1,77	
11,25—12,25	22,83	19,50		5,56— 6,56	24,44	20,86	
12,25—12,30	3,69	1,54		6,56— 7,03	2,04	2,46	
—	—	—	—	7,03— 8,03	24,68	21,33	
—	—	—	—	8,03— 8,08	1,91	1,77	
—	—	—	—	8,08— 9,08	23,32	21,10	
—	—	—	—	9,08— 9,16	3,03	2,70	
3 Std. 45 Min.	91,43	75,89	—	5 Std. 30 Min.	131,25	115,38	—
Nüchternwert in 3 Std. 45 Min. .	83,44	73,61	—	Nüchternwert in 5 Std. 30 Min. .	123,38	107,97	—
Steigerung	+ 7,99	+ 2,28	—	Steigerung	+ 7,87	+ 7,41	—

Trotz des auffallend hohen Nüchternwertes des Tages steigt im Anschluss an die erste Fruktosezufuhr der Gaswechsel erheblich an, um für die Dauer von $3\frac{3}{4}$ Stunden sich auf einem hohen Niveau zu halten (vgl. Versuch 12 mit ebenfalls hohem Nüchternwert und Zufuhr von 50 g Glukose). In der ersten Periode sind 90 g Fruktose verwertet worden. Diese bedingen eine Steigerung des Gaswechsels von nahezu 8 g. Die Steigerung ist nicht proportional der Zuckerzufuhr; doch ist sie im Vergleich mit den Werten, die für die erste Glukoseportion erhalten worden sind, als beträchtlich zu bezeichnen. Der Gaswechsel sinkt dann stark ab, um sich für die Dauer von drei weiteren Stunden auf Werten zu halten, die erheblich unter dem Nüchternwert des Tages liegen. Nach Einnahme der zweiten Fruktosemenge steigt der Gaswechsel wieder erheblich an.

Wird der Berechnung der Gaswechselsteigerung der Nüchternwert des Tages zugrunde gelegt, so ergibt sich eine Steigerung in der zweiten Periode von $5\frac{1}{2}$ Stunden von 7,87 g CO₂ und 7,41 g O₂. Es ist aber vielleicht richtiger, in diesem Falle statt des hohen Nüchternwertes des Tages das Mittel aus den Werten der dreistündigen Periode 12 Uhr 20 Min. bis 3 Uhr 39 Min. der Berechnung zugrunde zu legen und als Ausgangszahl einen Wert zu nehmen, der für CO₂ 20,85 g, für O₂ 18,11 g beträgt. Nach dieser Betrachtungsweise würde die Gaswechselsteigerung in der 2. Periode erheblich stärker sein, nämlich:

Ausscheidung in der 2. Periode 5 Std. 30 Min.	131,25 g CO ₂	115,38 g O ₂
Nüchternwert für 5 Std. 30 Min.	114,68 g CO ₂	99,61 g O ₂
Steigerung	16,57 g CO ₂	15,77 g O ₂

Nach dieser Betrachtungsweise würde die durch Fruktose bedingte Gaswechselsteigerung nahezu proportional der zugeführten Zuckermenge sein. Eine bedeutendere Wirkung der Fruktose der Glukose gegenüber

lässt sich in diesem Versuch nicht nachweisen. Auch Johannsson berichtet über gesunde Personen, bei denen beide Zuckerarten nahezu die gleiche Steigerung der Kohlensäureabgabe bewirkt haben.

Bemerkenswert ist in unserm Versuch, dass die Fruktose besser verwertet worden ist als die Glukose und dass der Harnzucker, der im Anschluss an Fruktosezufuhr ausgeschieden worden ist, zum weitaus grössten Teil aus Glukose bestanden hat.

VI. Während nun bei unserm Diabetiker die Verwertung der Glukose auffallend gut ist, wenn diese allein gereicht wird, ist die Toleranz für Kohlehydrate z. B. Zucker, Brot oder Kartoffeln, wenn diese als Zulage zu strenger Kost gegeben werden, niedrig zu nennen. Sie beträgt für Kohlehydrate in Form von Brot oder von einem Äquivalent Zucker oder Kartoffeln bei täglicher Zufuhr des Kohlehydrats nur etwa 20 g. Dabei tritt die Glukosurie aber erst am 3. Tage auf, steigt jedoch bei gleichbleibender Kohlehydratzufuhr, wie aus Tabelle IV hervorgeht.

Im Hinblick auf die im Vorhergehenden erhaltenen Resultate wurde versucht, nach einer Kohlehydratgabe den Organismus stets wieder an Glykogen verarmen zu lassen, um so eventuell eine absolut grössere Verwertung des Zuckers erzielen zu können. Die Kohlehydratzufuhr erfolgte in dieser Reihe jeden zweiten Tag. Wird das Kohlehydrat in dieser Weise gegeben, so wird bei langsamer Steigerung der Dose eine höhere Toleranzgrenze erreicht. Bei derartig geregelter Zufuhr werden jeden zweiten Tag **60—65 g** Brot vertragen, also eine absolut etwas grössere Menge als bei täglicher Zufuhr geringerer Dosen. Zur Deutung dieses Verhaltens der Kohlehydrattoleranz können wir die gleiche Betrachtungsweise heranziehen wie für die Versuche mit grosser Zuckermenge. Der Unterschied besteht nur darin, dass hier die Toleranzgrenze nicht überschritten wird. Es würde demnach einen gewissen Vorteil bieten, durch Kohlehydratzufuhr die Kohlehydratdepots anzureichern, und dann diese Depots dem vollständigen Abbau preiszugeben, ohne sie vorher wieder zu ergänzen.

Tabelle IV.

Toleranz bei Kohlehydratzufuhr zu strenger Kost.

Datum	Kohlehydrat in der Nahrung	Zucker im Urin g	Datum	Kohlehydrat in der Nahrung	Zucker im Urin g
18./19. 12. 1915	20 g Zucker	—	14./15. 1. 1916	20 g Zucker	—
19./20. 12. 1915	20 g „	—	15./16. 1. 1916	20 g „	—
20./21. 12. 1915	20 g „	0,22	16./17. 1. 1916	20 g „	Spur
22./23. 12. 1915	—	4,4	17./18. 1. 1916	20 g „	1,2
23./24. 12. 1915	—	Spur	18./19. 1. 1916	20 g „	1,1
		—	19./20. 1. 1916	20 g „	4,05
			20./21. 1. 1916	20 g „	4,23
			Gemüsetag	—	—
6 Tage negativ bei strenger Kost			2 Tage strenge Kost		

Datum	Kohlehydrat in der Nahrung	Zucker im Urin g	Datum	Kohlehydrat in der Nahrung	Zucker im Urin g
24./25. 1. 1916	20 g Brot	—	29./30. 3. 1916	40 g Brot	5,07
25./26. 1. 1916	20 g "	—	1./ 2. 3. 1916	Gemüsetag	2,75
26./27. 1. 1916	30 g "	—	2./ 3. 3. 1916	—	—
27./28. 1. 1916	30 g "	—	3./ 4. 3. 1916	30 g Brot	—
28./29. 1. 1916	30 g "	—	4./ 5. 3. 1916	—	—
29./30. 1. 1916	40 g "	1,53	5./ 6. 3. 1916	30 g "	—
30./31. 1. 1916	30 g "	2,9	6./ 7. 3. 19. 6	—	—
31./ 1. 2. 1916	30 g "	3,46	7./ 8. 3. 1916	30 g "	—
1./ 2. 2. 1916	Gemüsetag	1,97	8./ 9. 3. 1916	—	—
2./ 3. 2. 1916	20 g "	—	9./10. 3. 1916	35 g "	—
3./ 4. 2. 1916	20 g "	—	10./11. 3. 1916	—	—
4./ 5. 2. 1916	20 g "	Spur	11./12. 3. 1916	35 g "	—
5./ 6. 2. 1916	20 g "	4,9	12./13. 3. 1916	—	—
6./ 7. 2. 1916	Strenge Kost	Spur	13./14. 3. 1916	40 g "	—
7./ 8. 2. 1916	20 g Brot	—	14./15. 3. 1916	—	—
8./ 9. 2. 1916	Gemüsetag	—	15./16. 3. 1916	45 g "	—
9./10. 2. 1916	20 g Brot	—	16./17. 3. 1916	—	—
10./11. 2. 1916	—	—	17./18. 3. 1916	45 g "	—
11./12. 2. 1916	20 g "	—	18./19. 3. 1916	—	—
12./13. 2. 1916	—	—	19./20. 3. 1916	50 g "	—
13./14. 2. 1916	20 g "	—	20./21. 3. 1916	—	—
14./15. 2. 1916	—	—	21./22. 3. 1916	55 g "	—
15./16. 2. 1916	20 g "	—	22./23. 3. 1916	—	—
16./17. 2. 1916	—	—	23./24. 3. 1916	55 g "	—
17./18. 2. 1916	30 g "	—	24./25. 3. 1916	—	—
18./19. 2. 1916	—	—	25./26. 3. 1916	60 g "	—
19./20. 2. 1916	30 g "	—	26./27. 3. 1916	—	—
20./21. 2. 1916	—	—	27./28. 3. 1916	65 g "	—
21./22. 2. 1916	30 g "	—	28./29. 3. 1916	—	—
22./23. 2. 1916	—	—	29./30. 3. 1916	70 g "	Spur
23./24. 2. 1916	40 g "	—	30./31. 3. 1916	—	—
24./25. 2. 1916	—	—	31./ 1. 4. 1916	Gemüsetag	—
25./26. 2. 1916	40 g "	1,12	1./ 2. 4. 1916	70 g Brot	0,38
26./27. 2. 1916	—	—	2./ 3. 4. 1916	—	0,42
27./28. 2. 1916	30 g "	Spur			
28./29. 2. 1916	—	1,59			

Die so erzielte grössere Kohlehydratverwertung dürfte ihren Einfluss auf die Verminderung der Azetonkörperbildung zur Geltung bringen. Die hohe Toleranz für Kohlehydrate der Gemüse erklärt sich vielleicht zum Teil auch dadurch, dass die Gemüse meist im Anschluss an strenge Kost gegeben werden, also in einem Zustand hochgradiger Kohlehydratverarmung des Organismus.

Auch für die Toleranz des Hafers bestehen ähnliche Verhältnisse, Die Wirkung der Hafertage ist eine beschränkte, und die Haferkur länger fortzusetzen als die klassischen drei Tage hat in der Regel wenig Nutzen, indem die Zuckerausscheidung, die im allgemeinen am ersten Hafertage am geringsten ist, schon am zweiten Tage steigt, um am dritten Tage nicht selten beträchtliche Werte zu erreichen. Auch dies erklärt sich offenbar durch den Umstand, dass zuerst das Glykogendepot gefüllt wird; sobald dies geschehen ist, wird die Menge der für den Organismus verwertbaren Glukosemenge geringer.

Zusammenfassung der Resultate.

Ein reiner Eiweisskörper wie Kasein bewirkt beim mittelschweren Diabetes die gleiche Steigerung des respiratorischen Gaswechsels wie beim Gesunden.

Einmalige Zufuhr von Glukose in Mengen von 50, 100 und 150 g pro dosi kann bei einer Verwertung von 45, 75 bzw. 88 g des Zuckers ohne merklichen Einfluss auf den Gaswechsel bleiben.

Zufuhr einer zweiten Glukosegabe im Abstand von 6—7 Stunden von der ersten ergibt schlechtere Verwertung. Dagegen zeigt sich stets eine Einwirkung auf den respiratorischen Stoffwechsel.

Die Steigerung der Kohlensäureabgabe ist proportional der Menge der verwerteten Zuckermenge der zweiten Dose, vorausgesetzt, dass die erste Zufuhr hinreichend gross gewesen ist.

Das verschiedene Verhalten des Gaswechsels bei der ersten und bei der zweiten Zuckerzufuhr ist in der Weise aufzufassen, dass die erste Gabe Glykogenbildung bewirkt. Die zweite Gabe trifft die Glykogendepots gefüllt, und der verwertete Zucker wird wie beim Gesunden teilweise verbrannt.

Therapeutisch ergibt sich daraus die Anregung, beim Diabetiker nach Kohlehydratzufuhr, die Glykogendepots stets wieder sich vollständig entleeren zu lassen bis eine weitere Kohlehydratgabe gereicht wird. Durch Kohlehydratzufuhr, die auf jeden zweiten Tag beschränkt wurde, liess sich keine Verwertung erzielen.

Prinzipielle Unterschiede in der Verwertung der Glukose konnten bei einem mittelschweren Diabetiker dem Gesunden gegenüber nicht festgestellt werden; es handelt sich in erster Linie um eine **quantitative** Störung im Zuckerstoffwechsel.
