Beiträge zur Physiologie des Glycogens.

Von

Dr. F. Röhmann,

Privatdocent und Assistent am physiologischen Institut zu Breslau.

I. Ueber die Bedeutung des Ammoniaks für die Glycogenbildung in der Leber des Kaninchens.

Die Thatsache, dass in zahlreichen, besonders den jungen pflanzlichen Futterstoffen der Stickstoff nur zum Theil in Eiweisskörpern, zu einem nicht geringen Procentsatze dagegen in Amidokörpern enthalten ist, veranlasste Weiske zu untersuchen, ob denn dieser nicht im Eiweiss enthaltene Stickstoff für die Ernährung der Thiere werthlos sei. Er stellte Fütterungsversuche mit Asparagin an und fand, dass dasselbe sowohl bei verschiedenen Pflanzenfressern wie bei Vögeln das Eiweiss der Nahrung bis zu einem gewissen Grade zu ersetzen vermag, indem es bei eiweissarmem Futter Zerfall von Körpergewebe verhindert, bei stickstoffreichem Ansatz von Eiweiss im Körper vermittelt. Wie soll man sich diese Wirkung des Asparagins erklären? Nach Weiske giebt es zwei Möglichkeiten: entweder nimmt man an, dass sich das Asparagin im Körper der Herbivoren mit Hülfe der stickstofffreien Substanzen zu Eiweiss regenerirt oder ähnlich, wie dies z. B. beim Leim der Fall sei, durch seinen Zerfall wirkt und hierdurch zum Nahrungsstoff wird. Weiske hält letzteres für wahrscheinlicher; zur Stütze der ersteren Annahme weist er auf die Rolle hin, welche die Amidokörper, speciell auch das Asparagin, im Pflanzenorganismus spielen, wo sich aus ihnen im Verein mit den Kohlehydraten das Eiweiss aufbaut.

Stellt man sich für einen Augenblick auf den Boden der Hypothese, dass auch im Körper der Thiere aus Asparagin und Kohlehydraten Eiweiss entstehen könne, so würde sich als eine weitere Frage die aufdrängen: welches sind die oder ist das Kohlehydrat, mit welchem sich das Asparagin verbindet? Hierbei an das Glycogen der Leber zu denken, anzunehmen, dass dieses bei der Synthese von Eiweiss im Thierkörper eine ähnliche Aufgabe zu erfüllen habe wie die Stärke im Organismus der Pflanzen, wird, wie überhaupt die ganze Idee einer derartigen Synthese für jeden, wie ich glaube, zunächst etwas Befremdliches haben. Die Trümmer des Eiweissmolecöls, wie sie uns in den Producten der Einwirkung gewisser chemischer Reagentien oder der Lebensthätigkeit der Bakterien entgegentreten, all die Körper der Indigoreihe, der Phenyl- und Oxyphenylgruppe und all die Substanzen der Fettreihe deuten auf eine so complexe Constitution des Eiweissmolecöls hin, dass enorm complicirte synthetische Prozesse dazu erforderlich sein müssen, um aus einem Kohlehydrat und einer einfachen stickstoffhaltigen Substanz Eiweiss zu erzeugen. Von der Pflanze wissen wir, dass sie diese Fähigkeit besitzt, wir finden in ihr zahlreiche Vorstufen des Eiweisses. Auch im thierischen Organismus, speciell in der Leber, verlaufen Synthesen; aber wie einfach sind alle bisher bekannten Synthesen des Thieres im Vergleich zu der hier postulirten?

Und doch machte ich mich nach einigem Zögern an's Werk, geleitet von folgender Ueberlegung: entweder verschwindet nach Eingabe von Asparagin Glycogen aus der Leber — dann könnte ja trotz aller aprioristischer Bedenken Eiweiss in ähnlicher Weise synthetisch im Thierkörper entstehen, wie wir es von den Pflanzen wissen, oder nach Eingabe von Asparagin ist das Glycogen in der Leber vermehrt: dann? ja dann war eine fundamentale, neue Thatsache constatirt, ein allerdings ganz anderer Gesichtspunkt gewonnen, nämlich der, dass bei der Assimilation der Kohlehydrate im thierischen Organismus eine enge Beziehung zwischen diesen und den stickstoffhaltigen Substanzen, speciell den Endproducten des Eiweisszerfalles besteht. Die dritte Möglichkeit war die, dass das Asparagin keinen Einfluss auf die Glycogenbildung hatte. Nun in diesem Falle hätte sich, wie so oft, eine „gute Idee“ nicht als eine richtige erwiesen und zu so manchem zwecklos angestellten Versuche hätte sich ein neuer hinzugesellt.

Wie die Sache diesmal verlief, wollen wir jetzt sehen.

1. Einfluss des Asparagins auf die Glycogenbildung in der Leber.

Ich stellte mir dasselbe Nahrungsgemenge her, dessen sich Herr Professor Weiske in seinen Versuchen¹⁾ bedient hatte: 50 gr Olivenöl, 820 gr Stärke, 100 gr Zucker und 30 gr Asche (letztere erhalten durch Mengen von 2 Theilen Körner(Erbse)asche, 2 Theilen Heuasche und 1 gr ClNa) wurden gut mit einander verrieben und durch Zusatz von kleinen Mengen siedenden Heudestillates in einen Teig verwandelt, der sich in dünne Platte auswalzen liess. Er wurde dann in geeignete Stücke zerschnitten und bei etwa 45° C. getrocknet. Ich will diese Nahrung kurz als Weiske'sche Nahrung (W. N.) bezeichnen. Von demselben Gemenge wurde eine bestimmte Quantität mit einer gewogenen Menge Asparagin vereinigt, so dass man stets aus einer gewogenen Menge dieser Asparagin-W. N. die in ihr enthaltene Menge W. N. und Asparagin berechnen konnte.

Zwei Kaninchen wurden nun in der Weise gefüttert, dass beide erst eine Zeit lang die gleichen Mengen W. N. erhielten, dann das eine eine gewisse Menge W. N. mit Asparagin und das andere diejenige Menge W. N. ohne Asparagin, welche das erstere in seinem Futter am Tage vorher verzehrt hatte.

Zur Zeit, wo man berechtigt war anzunehmen, dass die Hauptmenge des mit dem Asparagin eingeführten Stickstoffes im Organismus kreise, wurde zuerst das Asparaginkaninchen und am Tage darauf das Controlthier geschlachtet. Ich liess gut ausbluten, indem das Thier an den Hinterpfoten in die Höhe gehalten wurde, schnitt die Leber schnell heraus, wog nach Entfernung der Gallenblase auf bereitstehender tarirter Schale und bestimmte, nachdem aus den verschiedenen Theilen der Leber dünne Schnitte zur Wasserbestimmung entnommen waren, im Reste der Leber das Glycogen in bekannter Weise stets nach Brücke.

Ich sagte, wir wollten das Glycogen in der Leber dann bestimmen, wenn eine ausreichende Menge Stickstoff in den Körper hineingelangt, d. h. das Asparagin zum grössten Theil vom Darmkanal resorbirt worden sei. Um mich nach dieser Richtung hin zu orientiren, wurde mit den beiden ersten Versuchsreihen die

1) Z. f. Biologie Bd. 15 p. 264.

Untersuchung des Harns verbunden. Ich wurde hierbei in dankenswerther Weise von Herrn stud. med. Nischkowski unterstützt.

Die Kaninchen befanden sich in Käfigen mit Glastrichtern. Der Harn wurde durch Auspressen der Blase gewonnen¹⁾; die Thiere auf einer einfachen Handwaage gewogen. Der Stickstoff wurde, da es sich nicht um absolute Werthe handelte, der Einfachheit wegen nach Schneider-Seegen, an einigen Tagen zur Controle im Hofmeister'schen Schälchen durch Verbrennen mit Natronkalk oder nach der Methode von Bunsen bestimmt, der Gesamtschwefel in dem mit Soda und Salpeter veraschten Harn.

(Siehe Versuch I Seite 25.)

Bei der Section der Kaninchen wurde folgendes notirt. Das Asparaginkaninchen zeigt, wie ziemlich häufig in der Gegend des Blasenhalases geringe Suggilationen als Folge des Auspressens der Blase. Bei beiden Kaninchen war der Magen und Blinddarm mit schwarz-grünen körnigen Massen gefüllt, fast ausschliesslich unveränderte Stärkekörnchen und nicht resorbierte kohlehaltige Aschenbestandtheile. Die Massen wurden mit Wasser angertührt und filtrirt. Das Filtrat, sowohl das vom Magen wie das vom Darminhalt, gaben keine Zuckerreaktion(!). Im Dickdarm die bekannten kugeligen Fäcalkörner in centimeterweisen Abständen, zum grössten Theil aus anorganischen Stoffen bestehend. (Die Thiere hatten während der ganzen Versuchsdauer keine Fäces von sich gegeben.) Beim Asparaginkaninchen fanden sich im Magen und Dünndarm reichliche spiessförmige mikroskopische Krystallnadeln. Das Filtrat des Magen- und Darminhaltes hielt Kupferhydroxyd in Lösung, ohne dasselbe zu reduciren. Beim Erhitzen schieden sich metallisch glänzende flitternde Krystalle aus, welche unter dem Mikroskop als schwach gelb gefärbte, rhombische Täfelchen erschienen. Diese Reaction liess sich bis zum Coecum verfolgen. — Fett fand sich im Mesenterium und subcutanen Gewebe beim Asparaginkaninchen nur spärlich, etwas reichlicher beim Controlthier.

(Siehe Versuch II Seite 26.)

1) Es gelingt dies nach einiger Uebung in den meisten Fällen ziemlich leicht; in manchen dagegen durchaus nicht. Unter sehr vielen in der Folgezeit angestellten Versuchen wurde nur zweimal der Harn blutig und zweimal entstand in Folge des Ausdrückens eine Evertirung der Blase.

Versuch I.

Asparaginkaninchen.										Controlkaninchen.				
Tag.	Nahrung		Harn.		Stickstoff nach			Schwefel als BaSO ₄ .	Tag.	Nahrung W. N.	Körpergewicht.	Harn.		Stickstoff nach Schneider-Seegen.
	W. N.	Asparagin.	Vol.	React.	Schn.-S.	Natronk.	Bunsen.					Vol.	React.	
1883														
25. Juli	25	—	—	—	—	—	—	—						
26. "	40	—	—	—	—	—	—	—						
27. "	30	—	112	alk.	1,534	—	—	—						
28. "	30	—	36	"	—	—	—	—						
29. "	30	—	31,5	neutral	0,248	—	—	—						
30. "	30	—	33	—	0,209	—	—	—						
31. "	30	—	25	—	0,162	—	—	—						
1. Aug.	18,2	5,56	34	—	0,202	—	—	0,087						
2. "	26,6	8,13	86	klar u. sauer	0,849	0,879	—	—	2. Aug.	30	1608			
3. "	15,2	6,31	67	sauer	1,222	1,277	—	—	3. "	30	1612			
4. "	30	—	88	"	1,973	—	—	0,119	4. "	30	1610			
5. "	30	—	31	neutral	0,432	—	—	0,103	5. "	30	1604	31	—	0,432
6. "	30	—	32	alkal.	0,137	—	—	0,057	6. "	30	1580	40	alk.	0,188
7. "	21,3	7,1	31	"	—	—	0,196	0,067	7. "	30	1552	30	neutral	0,240
8. "	20,0	6,7	41	neutral	0,918	0,946	1,021	0,077	8. "	21,3	1529	35	schleimig	—
9. "	—	—	47	sauer	1,278	—	1,317	0,182	9. "	20,0	1524	23	dick	0,245
									10. "	—	1514	18	"	0,244

Leber:

Gewicht 52,8 gr = $\frac{1}{20}$ des Körpergewichts.

Wasser 70,2 $\frac{0}{0}$.

Glycogen 7,08 $\frac{0}{0}$.

" in der ganzen Leber 3,7 gr.

Leber:

Gewicht 40,4 gr = $\frac{1}{37}$ des Körpergewichts.

Wasser 78,6 $\frac{0}{0}$.

Glycogen 2,6 $\frac{0}{0}$.

" in der ganzen Leber 0,84 gr.

Versuch II.

Asparaginkaninchen.

Controllkaninchen.

Datum.	Nahrung.		Körper- gewicht.	Harn.		Stickstoff nach		Schwefel als BaSO ₄ .	Nahrung.	Körper- gewicht.	Harn.		Stickstoff nach Schneider- Seegeen.
	Feste N.	Wasser.		Vol.	Beschaffen- heit.	Sch.- Seegeen.	Bunsen.				Vol.	Beschaffen- heit.	
1883													
10. Aug.	Mohrrüben	—	—	—	—	—	—	—	Mohrrüben	—	—	—	—
11. "	Hunger	—	1940	—	—	—	—	—	"	1894	—	—	—
12. "	"	—	—	—	—	—	—	—	"	—	—	—	—
13. "	30 gr W. N.	—	1870	—	—	—	—	—	Hunger	1859	—	—	—
14. "	"	66	1796	—	—	—	—	—	"	1817	—	—	—
15. "	"	35	1806	—	—	—	—	—	"	1796	—	—	—
16. "	"	37	1803	24	trübe, schw. alk.	0,391	—	—	30 gr W. N.	1728	—	—	—
17. "	"	25	1800	15	trübe, neutral	0,240	0,381	0,109	"	1748	20	—	—
18. "	23 gr W. N.	39	1782	14	—	0,298	—	0,144	"	1760	20	—	0,292
19. "	7,86 gr Asp.	30	1760	23	—	0,389	0,453	0,087	"	1762	20	—	0,397
20. "	15 gr W. N.	31	1721	45	neutral	1,318	1,397	0,207	"	1750	18	neutral	0,356
21. "	4,9 gr Asp.	—	1721	46	neutral	1,410	—	0,200	"	1718	21	schw. sauer	0,277
22. "	6,08 gr Asp.	—	1690	46	alkal.	1,417	—	—	"	1682	28	sauer	0,517
	—	—	—	—	—	—	—	—	18 gr "	—	22	"	0,452

F. Röhmnn:

Leber:

Leber:

Gewicht 47,6 gr = $\frac{1}{31}$ des Körpergewichts.

Gewicht 42,2 gr = $\frac{1}{35}$ des Körpergewichts.

Wasser 69,9 $\frac{0}{0}$.

Wasser 64,3 $\frac{0}{0}$.

Glycogen 5,4 $\frac{0}{0}$.

Glycogen 0,41 $\frac{0}{0}$.

" in der ganzen Leber 2,59 gr.

" in der ganzen Leber 0,17 gr.

Sehen wir uns die vorstehenden Tabellen genauer an. Von der asparaginfreien Nahrung frisst das Thier stets die ganze vorgesezte Ration (30 gr), von der asparaginhaltigen nur einen Theil; der Rest wurde zurückgewogen. — Das Körpergewicht sinkt in Versuch I beim Asparaginkaninchen von 1. bis 16. August von 1574 auf 1512 gr, d. h. um 62 gr, während der gleichen Zeit beim Controlthier von 1608 gr auf 1514 gr, d. h. um 94 gr; in Versuch II beim Asparaginkaninchen vom 18. bis 21. August von 1782 gr auf 1690 gr, d. h. um 91 gr, beim Controlthier von 1762 gr auf 1682 gr, d. h. um 80 gr. Im ersten Versuche ist demnach die Abnahme des Körpergewichtes beim Asparaginkaninchen eine deutlich langsamere als beim Controlthier; in Versuch II tritt dies zunächst nicht deutlich hervor. Berücksichtigt man aber das Harnvolumen und vergleicht dasselbe mit der Menge des in der Nahrung aufgenommenen Wassers, so sieht man, dass das Asparagin als wahres Diureticum wirkt; es entzieht dem Körper Wasser, so dass sein Gewicht in der Tabelle relativ zu klein erscheint. Die diuretische Wirkung des Asparagins zeigt sich sehr deutlich auch in Versuch I. Dieselbe wird aber hier in der Periode, welche zwischen der ersten und zweiten Asparaginfütterung liegt, durch Retention von Wasser wieder ausgeglichen, wie aus dem Steigen des Körpergewichtes zu ersehen ist.

Dass das Asparagin die Harnmenge auf Kosten der Körperflüssigkeit vermehrt, beobachtete auch Munk am Hunde¹⁾. Die Erklärung ist leicht: Asparagin wird in Harnstoff übergeführt und dieser ist bekanntermassen ein „harnfähiger Stoff“.

Die Stickstoffausscheidung durch den Harn gestaltet sich folgendermaassen. An den drei Tagen, welche der Aufnahme von Asparagin vorhergehen, scheidet das Kaninchen in Versuch I im Mittel pro Tag 0,191 gr Stickstoff aus. Während der Asparagintage nimmt es in 20 gr krystallisirtem Asparagin 3,373 gr Stickstoff auf und scheidet vom 2. bis 5. August 4,477 gr Stickstoff aus. Von letzterer Zahl sind zu subtrahiren $4 \times 0,191 \text{ gr} = 0,764 \text{ gr}$ Stickstoff, es bleiben dann 3,713 gr Stickstoff, eine Menge, die annähernd dem im Asparagin aufgenommenen Stickstoff entspricht. Berücksichtigt man jedoch, dass diese nach der Methode von

1) Virch. Archiv Bd. 94. 1883 p. 445.

Schneider-Seegen gewonnenen Werthe etwas zu gering sind¹⁾ — aus den drei oben angeführten Vergleichsbestimmungen würden sich 3,3 % berechnen — so kommt man zu dem Schluss, dass unter den obwaltenden Verhältnissen das Asparagin jedenfalls nicht im Stande war, den Verlust von Körpereiwiss herabzusetzen. Ob nicht sogar ein erhöhter Zerfall von Körpergewebe stattgefunden hat, worauf das Steigen der Schwefelausscheidung hindeutet, will ich auf Grund dieses einen Versuches nicht mit Sicherheit entscheiden. Es stehen diese Beobachtungen im Gegensatz zu den Angaben von Weiske und den dieselben bestätigenden von Zuntz²⁾. Der Widerspruch erklärt sich jedoch daraus, dass in jenen Versuchen längere Zeit hindurch kleine, in den vorliegenden dagegen vorübergehend grosse Dosen Asparagin gegeben wurden. Speciell gab Zuntz auf 19 gr stickstofffreie Substanz 1,5 gr Asparagin, ich dagegen auf ziemlich die gleiche Menge N-freier Substanz 5—8 gr Asparagin. Dass aber das Asparagin in grossen Mengen keine für den Organismus ganz indifferente Substanz ist, wird sich zum Theil auch aus den weiter unten folgenden Betrachtungen ergeben. Auffallen muss es, dass trotz der vielleicht sogar auf Kosten des Körpereiwisses gesteigerten Stickstoffausfuhr das Gewicht des Körpers — ich denke hierbei an die letzten 3 Tage in beiden Versuchen — beim Asparaginkaninchen nicht nur nicht schneller, sondern, wenn die vermehrte Harnausscheidung berücksichtigt, eher langsamer abnimmt. Es lässt sich dies nur dadurch erklären, dass unter dem Einfluss des Asparagins der Körper reicher an Wasser oder an stickstofffreien Substanzen wird.

Doch wie dem auch sei, das was die Stickstoffbestimmungen uns in erster Linie zeigen sollten, zeigen sie. Wir sehen, dass unmittelbar nach der Eingabe von Asparagin die Stickstoffausscheidung durch den Harn steigt, schnell ihr Maximum erreicht, nach Entziehung desselben bald wieder sinkt, so dass bereits 48 Stunden nach der letzten Darreichung die Menge des Stickstoffs wieder die Norm erreicht. Das Asparagin wird also schnell und vollständig vom Darm aus resorbirt.

Es interessirte mich ferner zu wissen, ob auch beim Herbivoren (Kaninchen) der Stickstoff des Asparagins in ähnlicher Weise in Harnstoff übergeführt wird, wie dies für den Fleischfresser

1) Vgl. W. Schröder, Z. f. physiol. Chem. Bd. 3.

2) Verhdlg. d. Berlin. physiol. Ges. Arch. f. Anat. u. Phys. 1882 p. 424.

(Hund) von v. Knieriem bewiesen worden ist. Ich möchte deswegen in einer Reihe von Tagen neben der Stickstoffbestimmung nach Schneider-Seegen Bunsen'sche Bestimmungen. Die Mengen des aus der CO_2 berechneten Stickstoffs sind, wie aus den Tabellen zu ersehen, etwas höher als die durch directe Stickstoffbestimmung gefundenen¹⁾. — Da die Bunsen'sche Bestimmung für sich allein unentschieden lässt²⁾, ob die bei der Zersetzung mit alkalischer Chlorbariumlösung Kohlensäure liefernde Substanz Harnstoff oder eine Uramidosäure ist, so wurde mit derselben nach der von Salkowski angegebenen Methode vor und nach dem Erhitzen die Alkalescenz und das bei der Zersetzung entstehende Ammoniak bestimmt.

In Versuch II wurden für den Harn vom 19. und 20. August 1883 folgende Werthe constatirt:

Alkalescenz in der Chlorbariummischung:

vor dem Erhitzen 19. 8. 6,7 cem $\frac{1}{10}$ N. NaOH.

20. 8. 6,8 „ „ „

nach dem Erhitzen 19. 8. 6,6 „ „ „

20. 8. 6,3 „ „ „

Der Stickstoff berechnete sich aus dem Ammoniak am 19. August zu 1,119 gr pro Tag, am 20. August zu 1,215 gr. Vergleicht man diese Zahlen mit denen durch die Schneider-Seegen'sche erhaltenen — am 19. August 1,318 gr, am 20. August 1,410 gr — so sind sie nicht unerheblich geringer. Da aber selbst unter günstigen Bedingungen die Methode an sich zu niedrige Werthe giebt, die in dem vorliegenden Falle bei Anwendung einer geringen Menge eines verdünnten Harnes noch multiplicirt werden mussten, so wird man wohl die gefundenen Zahlen für hinreichend genau halten können, um den Schluss zu rechtfertigen, dass auch im Organismus des Kaninchens der Stickstoff des Asparagins vollständig in Harnstoff übergeht.

Und nun kehren wir zu unserem eigentlichen Thema zurück.

Das eine Kaninchen erhielt W. N. und Asparagin, das andere nur W. N. und keine stickstoffhaltige Substanz. Wie verhielt sich das Glycogen in der Leber?

Ein Blick auf die Zahlen, welche unter der Tabelle von Ver-

1) Vgl. Salkowski und Leube, Lehre vom Harn. Berlin 1882 p. 56.

2) Vgl. E. Salkowski, Weitere Beiträge zur Chemie der Harnstoffbildung. Z. f. phys. Chem. Bd. 4 p. 54.

such I und II aufgeführt sind, lehrt, dass sich mehr Glycogen in der Leber des Asparaginkaninchens als in der des Controlkaninchens findet.

Und diese Beobachtung wird durch die folgenden Versuche bestätigt.

Versuch III.

Asparaginkaninchen.			Controlkaninchen.		
Datum	W. N.	Asparagin.	Datum.	W. N.	Bemerkungen.
1883					
25.—28. Oct.	Hunger	Hunger	27.—30. Oct.	Hunger	Wasser ad libitum.
29. „	14,6	4,4	31. „	14,6	
30. „	23,0	6,9	1. Nov.	23,0	
31. „	16,5	5,0	2. „	16,5	

1. Nov. Körpergewicht 1822 gr.

Leber:

Gewicht 42,2 gr = $\frac{1}{40}$ d. Körpergew.

Wasser 69,3 ‰.

Glycogen 5,17 ‰.

„ in d. ganzen Leber 2,16 gr.

3. Nov. Körpergewicht 1684 gr

Leber:

Gewicht 35,7 gr = $\frac{1}{47}$ d. Körpergew.

Wasser 70,0 ‰.

Glycogen 1,12 ‰.

„ in der ganzen Leber 0,40 gr.

Versuch IV.

Um den Einfluss des Asparagins bei einer mehr den normalen Verhältnissen entsprechenden Nahrung kennen zu lernen, fütterte ich zwei Kaninchen vom 30. October bis 6. November incl. mit je 300 gr Mohrrüben pro Tag, liess dann beide 4 Tage hungern. Am 11. November erhielt jedes 250 gr Mohrrüben, welche vorher für beide in kleine Stücke zerschnitten und gemengt worden waren. Das Eine (Kaninchen A) erhielt 5 gr Asparagin, welches auf die Mohrrüben zum Theil aufgestreut zum Theil mit etwas Gummilösung angeklebt und so gut gefressen wurde. Am folgenden Tage erhielten beide 200 gr Mohrrüben; Kaninchen A 13 gr Asparagin. Die letzte Portion (80 gr) wurde beiden gleichzeitig um 8 h Abends vorgesetzt und von beiden sofort gefressen. Am folgenden Tage wurden sie Nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr geschlachtet. Das Asparaginkaninchen zeigte wie stets eine geringere Fressluft als das Controlkaninchen.

Asparaginkaninchen.

Gewicht 1796 gr.

Leber:

Gewicht 50 gr = $\frac{1}{36}$ d. Körpergew.

Wasser 71,7 ‰.

Glycogen 3,34 ‰.

„ in d. ganzen Leber 1,67 gr.

Controlkaninchen.

Gewicht 1592 gr.

Leber:

Gewicht 32 gr = $\frac{1}{49}$ d. Körpergew.

Wasser 72,8 ‰.

Glycogen 0,0 ‰.

Ich war bei diesem Versuche von der Ansicht ausgegangen, dass Mohrrüben, eine an Kohlehydraten (Zucker) sehr reiche Nahrung, relativ, d. h. im Vergleich zu den Kohlehydraten wenig Stickstoff enthielten und dass die Assimilation der Kohlehydrate eine vollständigere sein werde, wenn man zu der stickstoffarmen Nahrung Stickstoff in Gestalt von Asparagin hinzufügte. Der Versuch bestätigte in diesem Falle meine Voraussetzung:

2. Einfluss des Glycocolls auf die Glycogenbildung in der Leber.

Ich prüfte ausser dem Asparagin noch das Verhalten einer anderen Amidosäure, das Glycocoll, und verfuhr hierbei genau so wie in Versuch I und II.

Versuch V.

Glycocollkaninchen.							Controlkaninchen.		
Datum.	W. N.	Wasser.	Glycocoll.	Gewicht.	Harn		W. N.	Wasser.	Gewicht.
					Vol.	Stickstoff.	BaSO ₄		
1883									
20. Aug.	Hunger							Hunger	
21. "									
22. "									
23. "									
24. "	30 gr	50ccm	—	1352				30 gr	50ccm
25. "	30 "	50 "	—	1346	31	0,622	0,189	30 "	1441
26. "	30 "	28 "	—	1351	19	0,290	0,125	30 "	1436
27. " *)	7,4 gr	40 "	2,5	1327	29	0,300	0,152	30 "	1448
28. "	3,4 "	39 "	1,4	1286	53	0,843	0,296	7,4 gr	1441
29. "	Hunger	34 "	—	1244	56	0,953	0,220	3,4 "	—
30. "	"	?	—	1185	51	0,787	0,202	Hunger	—
31. "	c. 16 gr	45 "	5,16	1077	c. 100	2,031	0,867	"	—
1. Sept.	17 "	88 "	5,5	1002	98	2,217	0,537	16 gr	1198
2. "	—	—	—	1024	68	1,740	0,363	17 "	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	1174

*) Das Thier sucht sich aus dem Käfig zu befreien.

Leber:

Gewicht 38,5 gr = $\frac{1}{27}$ d. Körpergew.

Wasser 74,2 gr.

Glycogen 2,46 %.

„ in d. ganzen Leber 0,947 gr.

Leber:

Gewicht 35 gr = $\frac{1}{39}$ d. Körpergew.

Wasser 71,8 %.

Glycogen 1,99 %.

„ in der ganzen Leber 0,597 gr.

Dieser Versuch war nicht so glatt verlaufen, als ich gewünscht hätte. Das Thier verweigerte die Aufnahme der glycocollhaltigen Nahrung und machte die allergrössten Muskelanstrengungen, sich zu befreien, indem es gegen den Drahtdeckel seines Käfigs sprang und mit den Klauen an demselben rüttelte. Ich setzte es deshalb in's Dunkle und liess es hungern. Das Körpergewicht sank sehr schnell. Stickstoff- und Schwefelausscheidung gingen rapid in die Höhe. Es erhielt darauf wieder W. N. mit Glycocoll. Das Körpergewicht hörte auf zu sinken; die Stickstoff- und Schwefelausscheidung sind zwar noch sehr hoch, gehen aber doch herab, ein Zeichen, dass der im Glycocoll eingeführte Stickstoff, wenigstens theilweise, zum Ansatz im Körper gelangt. — Die vorausgegangenen körperlichen Anstrengungen stellten selbstverständlich grössere Anforderungen an den Stoffwechsel. Starke Muskularbeit bringt das Glycogen in der Leber schnell zum Verschwinden. Wenn wir trotz alledem einen grösseren Gehalt an Glycogen in der Leber des Glycocoll- als in der des Vergleichsthieries finden, so beweist dieser Unterschied, selbst wenn er nicht sehr bedeutend ist (2,46 % : 1,99 %) [er wird aber noch etwas grösser zu Gunsten des Glycocollthieries, wenn man den grösseren Wassergehalt seiner Leber berücksichtigt] — es beweist, sage ich, dieser Versuch, dass auch das Glycocoll eine Vermehrung der Glycogenbildung in der Leber bewirkt.

3. Einfluss des Ammoniaks auf die Glycogenbildung in der Leber.

Wenn man bisher davon sprach, dass Amidosäuren resp. deren Amide im Organismus in Harnstoff übergeführt werden, so stellte man sich — ebenso auch Weiske in seinen Versuchen — stets vor, dass diese Körper als solche zur Resorption gelangen und erst unter Mitwirkung der Gewebe weiter zersetzt würden. Als ich jedoch gleich bei der Section des Asparaginkaninchens in Versuch I fand, dass Asparagin oder Asparaginsäure durch den ganzen Dünndarm bis zum Coecum hinab verbreitet war, kam ich zu der Ueberzeugung, dass das Asparagin wegen seiner ziemlich geringen Löslichkeit nur zum kleinen Theil als solches resorbirt, zum grössten Theil dagegen im Darne durch die Fäulniss unter Bildung von Ammoniak zerlegt werde, ganz ähnlich, wie dies von

Hoppe-Seyler¹⁾ in Versuchen mit faulendem Fibrin nachgewiesen worden ist. Dass aber Ammoniaksalze im Organismus zu Harnstoff werden, wissen wir durch die bekannten Versuche von Schmiedeberg, Salkowski, Feder, v. Knieriem etc. Ich wurde dadurch veranlasst zu untersuchen, ob Ammoniaksalze denselben Einfluss auf die Glycogenbildung in der Leber haben wie Asparagin und Glycocoll.

Versuch VI.

Ammoniakkaninchen.				Controlkaninchen.
Datum.	Nahrung		Kohlens. Ammoniak.	Bemerkungen.
	Mohrrüben.	Stärke.		
1883				
24. Nov.	400			Das kohlensaure Ammoniak wurde mittelst der Schlundsonde in Stärkekleister gegeben u. zwar enthielten 400 cem 20 gr Stärke u 20 gr kohlens. Ammoniak.
25. „	400			
26. „	Hunger			
27. „				
28. „				
29. „	300			
30. „	300	2,0	2,0	
1. Dez. *	—	2,0	2,0	*Nach Injection Symptome von Ammoniakvergiftung.
2. „	300	4,0	4,0	

Körpergewicht 2085 gr.

Körpergewicht 2115 gr.

Leber:

Leber:

Gewicht 61,7 gr = $\frac{1}{33}$ d. Körpergew.Gewicht 51,6 gr = $\frac{1}{40}$ d. Körpergew.

Wasser 70,0 %.

Wasser 71,5 %.

Glycogen 5,8 %.

Glycogen 2,1 %.

1) Z. f. physiol. Chem. Bd. 2 p. 13.

Versuch VII.

Ammoniakkaninchen.				Controlkaninchen.
Datum.	Nahrung		Kohlens. Ammo- niak.	Bemerkungen
	Mohrrüben.	Stärke.		
1883				
28. Nov.	400			Beide Kaninchen angeblich von demselben Wurf, Albinos, beide im Käfig gleich ruhig.
29. „	400			
30. „	400			
1. Dez.	400			
2. „	} Hunger			Erhält genau dieselbe Nahrung ohne kohlensaures Ammoniak.
3. „				
5. „	200	4,0	4,0	
6. „	200	4,0	4,0	
7. „	200	4,0	4,0	

Körpergewicht 1122 gr.

Körpergewicht 1250 gr.

Leber:

Leber:

Gewicht 47 gr = $\frac{1}{24}$ des Körpergew. Gewicht 42,3 gr = $\frac{1}{29}$ d. Körpergew.

Wasser 69,4 0/0.

Wasser 69,3 0/0.

Glycogen 4,28 0/0.

Glycogen 1,75 0/0.

Versuch VIII.

Ammoniakkaninchen.				Controlkaninchen.
Datum.	Körper- gewicht.	Nahrung.	Kohlens. NH ₃	Körper- gewicht.
1885				
3. März.	2004	400 gr Möhrrüben.		1914
4. „		„ „		Genau die gleiche Nahrung ohne kohlensaures Ammoniak.
5. „		} Hunger.		
6. „				
7. „	1893	in 80 ccm Flüssigkeit: 25 gr Stärke, 5 gr Zucker, 1,3 gr Salze.	3,5 gr	1817
8. „		ebenso	„	
9. „		„	„	
10. „		„	„	
11. „		„	„	
12. „	1819			1734

Leber:

Leber:

Gewicht 49 gr.

Gewicht 36 gr.

Glycogen 5,6 0/0.

Glycogen 3,7 0/0.

Diese Versuche sind ohne weiteren Commentar verständlich; sie beweisen, dass dasjenige Kaninchen, welches neben einer kohlehydratreichen Nahrung kohleensaures Ammoniak enthält, mehr Glycogen in seiner Leber bildet, als dasjenige, welches nur Kohlehydrate und keine stickstoffhaltige Substanz aufnimmt.

4. Bildet sich Glycogen aus milchsaurem Ammoniak?

Es mögen hier gewissermaassen als eine Episode eine Reihe von Versuchen kurz erwähnt werden, welche sich zeitlich an die beiden ersten Ammoniakversuche anschliessen, sonst allerdings in einem etwas lockeren Zusammenhange mit ihnen stehen.

Dass sich das Glycogen in erster Linie aus den Kohlehydraten der Nahrung durch einen synthetischen Prozess in der Leber bildet, scheint wohl nach dem heutigen Stande dieser Frage zweifellos. Von anderen stickstofffreien Substanzen ist es bisher nur das Glycerin, welches nach den Versuchen von S. Weiss und den dieselben bestätigenden von Luchsinger¹⁾ und von Salomon als Glycogenbildner wirkt. Luchsinger untersuchte noch milchsaures und weinsaures Natrium mit negativem Erfolge.

Nachdem sich nun bei meinen Versuchen die wesentliche Rolle, welche das Ammoniak bei der Glycogenbildung spielt, ergeben hatte, lag es für mich nahe zu sehen, ob nicht milchsaures Natrium, sondern milchsaures Ammoniak zu denjenigen Substanzen gehört, die im Organismus in Glycogen übergeführt werden. Mag auf den ersten Augenblick eine derartige Annahme etwas kühn erscheinen — wenn es richtig ist, dass sich aus Glycerin direct Glycogen bildet, warum sollte dasselbe nicht mit der Milchsäure der Fall sein? Eine Aufforderung zu einem darauf gerichteten Versuche erblickte ich aber noch in einigen anderen Beobachtungen.

In einer aus dem Ludwig'schen Laboratorium hervorgegangenen Arbeit vergleicht Bleile²⁾ die Mengen Zucker, welche nach reichlicher Kohlehydratfütterung im Blute circuliren, also nachweislich als Zucker zur Resorption gelangen mit der Masse von Kohlehydraten, welche aus dem Darmkanal verschwinden. 89 gr Zucker werden z. B. resorbirt, der Zuckergehalt des ge-

1) Beiträge zur Physiologie u. Pathologie d. Glycogens. Zürich 1875.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1879 p. 68.

samnten Blutes nimmt nur um 0,30 gr zu. Wo bleibt der Zucker? Entweder besitzt nach der Ansicht von Bleile-Ludwig das Blut die Fähigkeit sich sehr schnell des Zuckers zu entledigen, ihn in die Gewebe überzuführen, wo er bald weiter verwandelt — dass dies wirklich der Fall ist, bewies später die Arbeit von Brasol¹⁾ — oder, und dies war die andere Möglichkeit, mit der ich damals allein zu rechnen hatte, er wird bereits im Darmkanal weiter durch Gährung in Milchsäure übergeführt. Hierfür sprach, dass schon früher Mehring und Ludwig²⁾ in dem Chylus des mit Amylum und Zucker gefütterten Thieres Milchsäure gefunden hatten, während dieselbe nach Fütterung mit Fleisch und Fibrin ebenso wie im Hungerzustande fehlte. Selbst wenn also auch nach den späteren Versuchen von Brasol Zucker schnell aus der Blutbahn verschwindet, so wird doch immerhin noch ein erheblicher und bisher noch völlig unbekannter Theil des Zuckers in Milchsäure umgewandelt — und eben dieser könnte sich vielleicht bei Gegenwart von Ammoniak an der Glycogenbildung betheiligen.

Folgendes sind die hierauf bezüglichen Versuche:

Versuch IX.

Das Kaninchen erhält

Milchsaures Ammoniak.			Milchs. Natrium.
Datum.	Nahrung.	Bemerkung.	
1884			
2. Januar.	400 gr Möhren.		Erhält dieselbe Nahrung, nur statt milchsaures Ammoniak milchs. Natrium.
3. "	" "		
4. "	" "		
5. "	} Hunger.		
6. "			
7. "			
	12 h Mittags	*) Die mit der Schlundsonde gegebenen Lösungen enthielt in 160 ccm 20 gr milchs. Amm. 20 gr essigs. Natrium 1,5 gr Tragantgummi.	
	2,5 gr milchs. Ammoniak *)		
	2,5 gr essigs. Natrium.		
	6 h Abends		
	ebenso.		
8. "	9 h Morgens geschlachtet.		
Körpergewicht 1888 gr.			Körpergewicht 1720 gr.
Leber:			Leber:
Gewicht 52,5 gr.			Gewicht 48 gr.
Glycogen 1,64%.			Glycogen 1,49%.

1) Arch. f. Anat. u. Physiol.

2) ibid. 1877 p. 400.

Versuch X.

Das Kaninchen erhält

Milchsaures Ammoniak.			Milchsaures Natrium.	
Datum.	Körper- gewicht.	Ernährung.	Körper- gewicht.	
20. Januar	2335	400 gr Möhren	1910	320 gr Möhren.
21. "		" "		" "
22. "		" "		" "
23. "		} Hunger.		} Hunger.
24. "				
25. "		9 h Morgens } je 2,5 gr milchs. 12 h Mittags } Amm. u. 2,5 gr } essigs. Natr.		ebenso milchsaures Natrium.
	2280	3 h Nachmittags beide ge- schlachtet.	1756	

Leber:

Gewicht 50 gr.

Glycogen 1,51 %.

Leber:

Gewicht 39,5 gr.

Glycogen 0,684 %.

Versuch XI.

Das Kaninchen erhält

Milchsaures Ammoniak.		Milchsaures Natrium.
Datum.	Nahrung.	Nahrung.
31. Jan. bis 6. Februar	} täglich 400 gr Mohrrüben.	ebenso nur statt des Am- moniaksalzes der Milch- säure das Natriumsalz.
7. "		
8. "	} Hunger.	
9. "		
	Morgens 9 h } je 2,5 gr Milchsäure Mittags 12 h } als Ammoniaksalz und } 2,5 gr essigs. Natrium. Abends 6 h geschlachtet.	

Körpergewicht 1727 gr.

Körpergewicht 1570 gr.

Leber:

Gewicht 54 gr.

Glycogen 1,03 %.

Leber:

Gewicht 47 gr.

Glycogen 2,35 %.

Versuch XII.
Das Kaninchen erhält

Milchsaures Ammoniak.		Milchsaures Natrium.
Datum.	Nahrung.	Nahrung.
17.—20. Febr.	Mohrrüben ad libitum.	ebenso nur statt des Ammonsalses der Milchsäure das Natriumsalz.
21.—25. „	400 gr Mohrrüben.	
26. „	} Hunger.	
27. „		
28. „	Morgens 9 h } je 2,5 gr Milchsäure als Mittags 12 h } Ammonsals und 2,5 gr Abends 6 h } essigs. Natrium. Abends 6 h geschlachtet.	
Körpergewicht 2211 gr.		Körpergewicht 1932 gr.
Leber:		Leber:
Gewicht 57,5 gr.		Gewicht 42 gr.
Glycogen 2,0 0/0.		Glycogen 0,36 0/0.

Versuch XIII.
Das Kaninchen erhält

Milchsaures Ammoniak.			Milchsaures Natrium.	
Datum.	Körpergewicht.	Ernährung.	Körpergewicht.	Ernährung.
1.—3. März	2030	täglich 400 gr Mohrrüben.	2050	ebenso, nur statt des milchsauren Ammoniaks das Natriumsalz.
4. „		300 gr Mohrrüben.		
5. „		„ „		
6. „		} Hunger.		
7. „				
8. „		9 h Morgens } je 2,5 gr Milchsäure } als Ammonsalz und 12 h Mittags } 2,5 gr essigs. Natrium. } Natrium.		
	1840	6 h Nachmittags geschlachtet.	1814	

Beide Kaninchen angeblich von demselben Wurf, vollkommen gleich ernährt.

Leber:
Gewicht 48,2 gr.
Glycogen 1,8 %.

Leber.
Gewicht 40,5 gr.
Glycogen 2,0 %.

Versuch XIV a.

Das Kaninchen erhält

Milchsaures Ammoniak.			Milchsaures Natrium.	
Datum.	Körpergewicht.	Ernährung.	Körpergewicht.	Ernährung.
1.—8. März		Möhren ad libitum.		Möhren ad libitum.
9. „	2317	400 gr Möhren.	2050	345 gr Möhren.
10. „		Hunger.		ebenso wie das andere Kaninchen, nur milchs. Natrium statt milchs. Ammon.
11. „				
12. „				
13. „		3 h Nachmittags { je 2,4 gr Milchs. 6 h „ { als Ammons. u. 9 h „ { 2,5 gr essigs. Natrium.		
14. „	2017	8 h Morgens geschlachtet.	1685	
Leber:			Leber:	
Gewicht 54,5 gr.			Gewicht 42,5 gr.	
Glycogen 3,34 %.			Glycogen 4,27 %.	

Bei diesem Versuche musste es auffallen, dass trotz drei- resp. viertägigem Hunger die Menge des Glycogens in der Leber eine so grosse war, und es tauchten wieder Zweifel auf, ob nicht unter den obigen Bedingungen milchsaures Natrium in gleicher Weise wie milchsaures Ammoniak Glycogen bildend wirken könnten. Die Antwort gab folgender Versuch.

Versuch XIV b.

Zwei Kaninchen erhalten vom 11. bis 19. April im Stall Mohrrüben ad libitum zu fressen, hungern am 20., 21., 22. April. A erhält um 3 h, 6 h, 9 h Abends 2,5 gr milchsaures Natrium und 2,5 gr essigsaures Natrium. B hungert weiter. Am 24. April ist B todt, A wird um 8 h geschlachtet.

Körpergewicht 1450 gr

Leber 39 gr; enthält kein Glycogen.

Stellen wir uns die Resultate dieser 6 Versuche in einer Tabelle (S. 40) übersichtlich zusammen, so sehen wir, dass der Glycogengehalt schwankt; bald ist er grösser in der Leber des Ammoniak-, bald in der des Natriumkaninchens oder er ist in beiden Lebern gleich. Nehmen wir das Mittel aus allen Versuchen, so ergibt sich für das Ammoniakkaninchen ein Glycogengehalt 1,92 %, für

Versuch No.	Milchsaures	
	Ammoniak.	Natrium. Glycogen.
IX.	1,64%	1,49%
X.	1,51 „	0,68 „
XI.	1,03 „	2,35 „
XII.	2,0 „	0,36 „
XIII.	1,8 „	2,0 „
XIVa.	3,34 „	4,27 „
Summa	$\frac{11,52\%}{1,92\%}:6$	$\frac{11,15\%}{1,86\%}:6$

das Natriumkaninchen ein solcher von 1,86 %, eine Uebereinstimmung, die so gross ist, dass wir dieselbe als eine zufällige betrachten müssen.

Wir würden auf Grund dieser Versuche gezwungen sein anzunehmen, dass Milchsäure auch bei Gegenwart von Ammoniak nicht zu denjenigen Substanzen gehört, aus denen sich im Organismus Glycogen bilden kann.

Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Bedingungen für die Entscheidung dieser Frage in den obigen Versuchen keine besonders günstigen waren. Milchsaures Ammoniak wie milchsaures Natrium werden nur in beschränkter Dosis vertragen, ich gab pro die 5 gr, nur einmal 7½ gr, in anderen Fällen waren die Thiere schon bei 7,5 gr zu Grunde gegangen. Die Widerstandsfähigkeit der Thiere sinkt mit der Dauer des Hungerns, und doch kann man die Frage, ob eine Substanz als Glycogenbildner wirkt, eigentlich nur dadurch entscheiden, dass man die Leber glycogenfrei macht; dazu gehören aber meist vier Tage, zuweilen noch mehr. Wenn aber andererseits ein Thier so lange hungert, so ist das Nahrungsbedürfniss ein grosses und zu befürchten, dass die eingeführte Substanz, zumal wenn ihre Masse keine grosse sein darf, eher verbrannt als in der Leber aufgespeichert werde. Deswegen richtete ich meine Versuche so ein, dass ich die Thiere einige Zeit mit gleicher Nahrung fütterte, dann nur zwei bis drei Tage hungern liess, am dritten resp. vierten Tage die milchsauren Salze gab und neben diesen essigsäures Natrium, eine leicht verbrenn-

liche Substanz, die gewissermassen die Milchsäure vor dem Verbrennen schützen sollte. Ich hoffte so, nachdem ich die Menge des Glycogens jedesmal bei beiden Kaninchen in gleicher Weise vermindert hatte, aus einer Differenz im Glycogengehalte ein Urtheil über den Einfluss des milchsauren Ammoniaks im Vergleich mit dem des milchsauren Natriums zu gewinnen. Wir sahen, dass die Resultate schwankend waren. Wir fanden in der Leber Glycogen, „Restglycogen“ — bald mehr bei dem einen, bald mehr bei dem Anderen, Schwankungen, die sich in einigen Fällen vielleicht daraus erklären, dass bei der Ernährung auf das verschiedene Körpergewicht nicht Rücksicht genommen werden konnte, vielleicht auf individuelle Verschiedenheiten zurückgeführt werden müssen. Jedenfalls wurde ich hierdurch nicht ermuthigt, meine Untersuchungen nach dieser Richtung hin fortzusetzen.

5. Kohlensaures Natrium hat keinen Einfluss auf die Bildung des Glycogens.

Wenn wir in den sub 1 bis 3 erwähnten Versuchen ausnahmslos in der Leber desjenigen Kaninchens mehr Glycogen fanden, welches neben einer stickstofffreien oder stickstoffarmen Nahrung noch einen Zusatz von Ammoniaksalzen oder solchen Substanzen, die im Körper unter Bildung von Ammoniak zerlegt werden, erhalten hatten, so konnte man den Einwand erheben, dass das Ammoniak nicht als eine charakteristische N-haltige Atomgruppe, die in jedem Augenblick durch Spaltung aus dem Eiweiss entsteht und als solches vielleicht wieder in neue Verbindungen eintritt, seine Rolle spielt, sondern einfach vermöge seiner alkalischen Reaction seine Wirksamkeit entfaltet. Es ist nicht schwer diese Vorstellung mit Worten zu bekämpfen; es wurden Thatfachen verlangt, und dies scheinbar mit einem gewissen Recht, Es liegen nämlich bereits Angaben vor, denen zu Folge kohlen-saures Natrium die Bildung des Glycogens in der Leber begünstigt. In seinem Werke über den Diabetes¹⁾ erwähnt v. Frerichs folgende Beobachtung von Ehrlich: „Frösche, welche viele Wochen hindurch in einer mehrprocentigen Lösung reinen Traubenzuckers lebten, bildeten kein oder wenig Glycogen in der Leber; letzteres

1) Ueber den Diabetes v. Dr. Fr. Th. v. Frerichs. Berlin 1884. p. 263.

geschah erst dann, wenn der Lösung Natriumcarbonat zugesetzt wurde.“

Diese Mittheilungen — eine ausführlichere Publication dieser Versuche ist bisher leider nicht erfolgt — sind zu kurz, als dass sich schon jetzt ein sicheres Urtheil über dieselben fällen liesse. Sie stehen, wie wir gleich sehen werden, in einem directen Gegensatz zu den Beobachtungen am Kaninchen, die ich in Folgendem vorführen will.

Zunächst wurde ein Versuch angestellt, in welchem 2 Kaninchen die gleiche Nahrung erhielten, das Eine aber ausserdem noch kohlensaures Natrium.

Versuch XV.

Das Kaninchen erhält Na_2CO_3 .			Controlkaninchen.		
Datum.	Körpergewicht.	Nahrung.	Körpergewicht.	Nahrung.	Bemerkungen.
1884					
27. April	2925	Hunger.	2550	Hunger.	Das Na_2CO_3 wurde in einer Lösung gegeben, die in 400 ccm 20 gr Stärke verkleistert und 10 gr Na_2CO_3 enthielt.
28. „		400 gr Mohrrüben.		350 gr Mohrrüben.	
29. „		„ „		„ „	
30. „		„ „		„ „	
1. Mai		„ „		230 gr „	120 gr waren nicht gefressen worden.
2.—5. „		Hunger.		Hunger.	
6. „	2375	217 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke 2 gr Na_2CO_3	2170	200 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke.	
7. „		ebenso.		ebenso.	
8. „		„		„	
9. „	2417		2254		

Leber:

Gewicht 48 gr.

Glycogen 0,20%.

Leber:

Gewicht 42 gr.

Glycogen 1,0%.

Resultat: Kohlensaures Natrium hat keinen Einfluss, jedenfalls keinen günstigen Einfluss auf die Glycogenbildung.

In den folgenden Verfahren wurde die Wirkung des kohlensauren Natriums mit der des kohlensauren Ammoniaks verglichen.

Versuch XVI.

Das Kaninchen erhält kohlen-saures Ammoniak.			Kohlensaures Natrium.		
Datum.	Körper-gewicht.	Nahrung.	Körper-gewicht.	Nahrung.	
1884					
5. Juni	3160	Hunger.	2807	Hunger.	
6. "		500 gr Mohrrüben.		440 gr Mohrrüben.	
7. "		" "		" "	
8. "		" "		" "	
9.—12. "		Hunger.		Hunger.	
13. "	2835	400 gr Mohrrüben (vorjährige), 4 gr Stärke, 4 gr kohlen-s. Amm.		340 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 4 gr Na ₂ CO ₃ .	
14. "		250 gr junge Mohrrüben, 4 gr Stärke, 4 gr kohlen-s. Amm.		250 gr junge Mohrrüben, 4 gr Stärke, 4 gr Na ₂ CO ₃ .	
15. "		ebenso.		ebenso.	
16. "	2800		2530		

Leber:
Gewicht 69,5 gr.
Glycogen 1,4⁰/₀.
" in d. ganzen Leber 0,6 gr.
" pro Kilothier 0,348 gr.

Leber:
Gewicht 34 gr,
keine Spur Glycogen.

Versuch XVII.

Das Kaninchen erhält kohlen-saures Ammoniak.			Saures kohlen-saures Natrium.		
Datum.	Körper-gewicht.	Nahrung.	Körper-gewicht.	Nahrung.	
1884					
1. August		400 gr Mohrrüben.		400 gr Mohrrüben.	
2. "		" "		" "	
3.—6. "		Hunger.		Hunger.	
7. "	1830	400 gr Mohrrüben.	1625	360 gr Mohrrüben.	
8. "		400 gr Mohrrüben, 2 gr Stärke, 2 gr kohlen-s. NH ₃ *).		360 gr Mohrrüben, 2 gr Stärke, 2 gr NaHCO ₃ .	
9. "		400 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr kohlen-s. NH ₃		360 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr NaHCO ₃ .	
10. "		200 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr kohlen-s. NH ₃ .		180 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr NaHCO ₃ .	
11. "	1970		1870		

*) Nach der Injection von 2 gr kohlen-s. NH₃ schwere Intoxications-erscheinungen.

Leber:
Gewicht 69 gr = $\frac{1}{29}$ d. Körpergew.
Glycogen 12,2⁰/₀.
" in d. ganzen Leber 8,41 gr.
" p. Kilothier 4,259 gr.

Leber:
Gewicht 37 gr = $\frac{1}{48}$ d. Körpergew.
Glycogen.
" keine Spur.

Versuch XVIII.

Das Kaninchen erhält kohlen saures Ammoniak.			Saures kohlen saures Natrium.		
Datum.	Körper- gewicht.	Nahrung.	Körper- gewicht.	Nahrung.	
1884.					
27. Oct.		} Hunger.		} Hunger.	
28. "					
29. "					
30. "	2100		2132	400 gr Mohrrüben.	
31. "		400 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr kohlen s. NH_3 .		400 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr NaHCO_3 .	
1. Nov.		ebenso.		ebenso.	
2. "	2018		2200		

Dem Ammoniakkaninchen wurde bei der Einführung der Schlundsonde der Oesophagus perforirt; die Leber wurde schnell herausgenommen, sie enthält natürlich Blut.

Leber:

Gewicht [80 gr].
Glycogen in der ganzen Leber 3,055 gr.
" pro Kilothier 1,513.

Leber:

Gewicht 67 gr.
Glycogen 3,962 gr.
" pro Kilother 1,345.

Versuch XIX.

Das Kaninchen erhält Kohlensaures Ammoniak.			Kohlensaures Natrium.		
Datum	Körper- gewicht.	Nahrung.	Körper- gewicht.	Nahrung.	
1884					
14. Mai	2295	Mohrrüben ad libitum.	2217	Mohrrüben ad libitum.	
15. „		}		} 470 gr Mohrrüben.	
16. „					
17.—20. „					
21. „		200 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr kohlens. NH ₃ .		200 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 1 gr Na ₂ CO ₃ und in Folge eines Versehens 1 gr kohlens. NH ₃ .	
22. „		190 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr kohlens. NH ₃ .		190 gr Mohrrüben, 4 gr Stärke, 2 gr kohlens. Natr.	
23. „		Keine Mohrrüben, 6 gr Stärke, 3 gr kohlens. NH ₃ .		Keine Mohrrüben, 6 gr Stärke, 3 gr kohlens. Natr.	
24. „	1972		1912		

Leber:

Gewicht 44,5 gr.
Nur Spuren von Glycogen.
Im Uterus finden sich leider 4 Föten
à 7,5 cm lang, Gewicht derselben ohne
Placenta 89 gr.

Leber:

Gewicht 37 gr.
Glycogen 0,92 %
in der ganzen Leber 0,34 gr,
pro Kilothier 0,125 gr.

Von diesen vier Versuchen sind zwei positiv, d. h. es findet sich mehr Glycogen in der Leber des Ammoniak- wie des Natriumkaninchens.

Beide Versuche XVI und XVII sind lehrreich. Bei beiden ist die Leber des Natriumkaninchens vollkommen glycogenfrei. Es könnte dies zunächst auf die Vermuthung bringen, dass das kohlensaure resp. saure kohlensaure Natrium eine Verdauungsstörung bewirkt hätte. Dies ist aber mit Sicherheit auszuschliessen; denn hätte eine solche vorgelegen, so hätte sie sich in Meteorismus oder Durchfall geltend gemacht, oder die Thiere hätten zu fressen aufgehört. Das war aber nicht der Fall. — Daraus, dass die Leber des Natriumkaninchens kein Glycogen enthielt, ist zu schliessen, dass das Glycogen in der Leber des Ammoniakkaninchens kein Restglycogen — dagegen spricht auch seine Quantität — sondern während des Versuches in der Leber neugebildet worden ist.

Die Leber in Versuch XVII enthält das Maximum von Glycogen, das ich bei Kaninchen bisher überhaupt beobachtet habe.

Dass diese beiden Versuche das vorliegende Resultat ergeben haben, ist dem Umstande zuzuschreiben, dass die gefütterten Mohrrüben sehr zuckerreich waren. Es waren kleine, junge, sogenannte Carotten.

Im Gegensatz hierzu steht Versuch XVIII. Hier findet sich, wenn wir die in der Leber gefundene Menge mit dem Körpergewicht vergleichen, so gut wie kein Unterschied im Glycogengehalt der Leber des Ammoniak- und des Natriumkaninchens. Es könnte dies dadurch bedingt sein, dass der Versuch abgebrochen werden musste, ehe der Einfluss des Ammoniaks sich geltend machen konnte, wahrscheinlicher aber scheint es mir, dass in diesen Mohrrüben die Menge des Stickstoffs und der Kohlehydrate in einer Relation standen, die einen Einfluss des Ammoniaks überhaupt nicht zur Geltung kommen lassen konnten. Ähnliches gilt von Versuch XIX. Hier wurden die Kaninchen im Mai mit grossen, alten, holzigen Mohrrüben vom Jahre vorher gefütterte. Die Leber des Natriumkaninchens enthält hier 0,92 % Glycogen, in der Leber des Ammoniakkaninchens ist gar keins vorhanden. Die Nahrung ist eine an sich unzureichende, besonders aber für das Ammoniakkaninchen, welches trächtig ist und deshalb ein grösseres Nahrungsbedürfniss hat als das andere.

Diese Versuche konnten noch nicht genügen, um ein sicheres

Urtheil über das Verhalten des kohlensauren Ammoniaks im Vergleich mit dem des kohlensauren Natriums zu fällen. Es schien aber mit Rücksicht auf die Resultate, die wir besonders in den Versuchen XVIII und XIX erhalten hatten, geboten, von der Fütterung mit Mohrrüben wieder zur Fütterung mit völlig stickstofffreier, kohlehydratreicher Nahrung zurückzukehren.

Wir hatten früher in unseren ersten Versuchen dem einen Kaninchen Stärke, Zucker, etwas Oel und Salze, dem anderen ausser diesen Stoffen noch Asparagin resp. Glycocoll verabreicht und zwar hatte man diese Substanzen nach dem Vorgange von Weiske zu einem lufttrocknen Kuchen vereinigt, von welchem die Thiere täglich abgewogene Mengen erhielten. Dies schien uns jetzt nicht mehr zweckmässig, weil man zu sehr von dem guten Willen der Thiere abhängig ist, die heute mehr, morgen weniger von der vorgesetzten Nahrung aufnehmen oder sie gar ganz verschmähen. Letzteres war besonders bei der Darreichung von Na_2CO_3 resp. NaHCO_3 zu befürchten. Ich verfuhr deshalb so, dass ich eine geringe gewogene Menge Stärke mit Wasser verkleisterte, in diesen dünnen Kleister die vorher berechnete Menge Stärke, Zucker, Salze, kohlensaures Ammoniak resp. Natrium kalt einrührte und auf ein bestimmtes Volumen auffüllte. Von dieser Flüssigkeit erhielten die Thiere durch die Schlundsonde aus einer graduirten Spritze meist 40 ccm Morgens und Abends.

Versuch XX.

Das Kaninchen erhält kohlensaures Ammoniak.			Saures kohlens. Natrium.	
Datum.	Körpergewicht.	Nahrung.	Körpergewicht.	Nahrung.
1884				
5. Nov.	2375	400 gr Mohrrüben.	2347	400 gr Mohrrüben.
6.—9. "		Hunger.		Hunger.
10. "		300 gr Mohrrüben.		300 gr Mohrrüben.
11. "		7,6 gr Stärke, 12,9 gr Zucker, 2,4 gr kohlens. Ammoniak.		7,6 gr Stärke, 12,9 gr Zucker, 2,4 gr s. kohlens. Natr.
12. "		ebenso.		ebenso.
13. "	1493		1677	
Leber: Gewicht 51 gr. Glycogen 0,370 gr. 0,248 gr pro Kilothier.			Leber: Gewicht 37 gr. Glycogen 0,646 gr. 0,385 gr pro Kilothier.	

In diesem Versuch bestand die Nahrung überwiegend aus Rohrzucker.

In beiden Lebern ist nur wenig Glycogen enthalten, in der des Ammoniakkaninchens weniger als in der des Natriumkaninchens. Vielleicht, ja sogar wahrscheinlich war dies die Folge davon, dass ersteres kein vollkommen gesundes Thier war; es hatte Hautparasiten und eine eitrige Conjunctivitis.

Versuch XXI.
Das Kaninchen erhält

Kohlensaures Ammoniak.			Kohlensaures Natrium	
Datum	Körpergewicht.	Nahrung.	Körpergewicht.	Nahrung.
1884 5.—13. Nov.		400 gr Mohrrüben.		400 gr Mohrrüben.
14.—17. "		Hunger.		Hunger.
18. "	2075	400 gr Mohrrüben.	1657	400 gr Mohrrüben.
19. "		" "		" "
20. "	2207	7,6 gr Stärke, 12,9 gr Zucker, 2,4 gr kohlens. Ammoniak.	1831	7,6 gr Stärke, 12,9 gr Zucker, 2,4 Na ₂ CO ₃ .
21. "		20,4 gr Stärke, 1,7 gr Zucker, 3,2 gr kohlens. Ammoniak.		20,4 gr Stärke, 1,7 gr Zucker, 3,2 Na ₂ CO ₃ .
22. "		ebenso.		ebenso.
23. "	1920		1522	

Leber :

Gewicht 66 gr.

Glycogen 2,5%

" 1,65 gr.

0,859 gr pro Kilothier.

Leber:

Gewicht 39 gr.

Glycogen 0,50%

" 0,198 gr.

0,130 gr pro Kilothier.

In diesem Versuch wurde an den beiden letzten Tagen neben viel Stärke nur wenig Zucker gegeben; die Menge des kohlensauren Ammoniaks wird gesteigert, bis nahe an's Maximum. Krämpfe, die sich beim Ammoniakkaninchen am 23. Nov. nach der ersten Eingabe der Nahrung einstellten, waren die Veranlassung, dass der Versuch abgebrochen wurde. Obgleich das Natriumkaninchen im Vergleich zum Körpergewicht eine reichlichere Nahrung erhalten hatte als das Ammoniakkaninchen, finden wir doch viel weniger Glycogen in seiner Leber.

Versuch XXII.

Das Kaninchen erhält kohlen-saures Ammoniak.			Kohlensaures und saures kohlens. Natrium.		
Datum.	Körper-gewicht.	Nahrung.	Körper-gewicht.	Nahrung.	
1884					
22.—28. Dez.	2236	400 gr Mohrrüben.	2178	400 gr Mohrrüben.	
29. "	2310	8,5 gr Stärke, 1,0 gr Zucker,	2157	8,5 gr Stärke, 1,0 gr Zucker, 0,8 gr	
30. "		1,6 gr kohlens. NH_3		Na_2CO_3 , 0,8 gr NaHCO_3 .	
		17 gr Stärke, 2,0 gr Zucker,		17,0 gr Stärke, 2,0 gr Zucker, 1,6 gr	
31. "		3,2 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,6 gr NaHCO_3 .	
		ebenso.		ebenso.	
1885					
1. Januar.		"		"	
2. "		"		"	
3. "		"		"	
4. "	1958	"	1720	"	

Beide Kaninchen wurden geschlachtet, weil beim Ammoniakkaninchen auf Grund des eingetretenen Meteorismus Peritonitis als Folge des Ausdrückens der Blase befürchtet wurde. Die Vermuthung bestätigte sich, es war eine beginnende Peritonitis da; gleichzeitig erwies sich das Thier als trächtig.

Leber:
Gewicht 51 gr.
Glycogen nur Spuren.

Leber:
Gewicht 36,5 gr
Glycogen nur Spuren.

Versuch XXIII.

Das Kaninchen erhält kohlen-saures Ammoniak			Kohlensaures und saures kohlens. Natrium.		
Datum.	Körper-gewicht.	Nahrung.	Körper-gewicht.	Nahrung.	
1884					
10. Dez.	2236	Hunger.	2295	Hunger.	
11. "		8,8 gr Stärke, 1,0 gr Zucker,		8,8 gr Stärke, 1,0 gr Zucker, 0,8 gr	
		1,6 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 0,8 gr NaHCO_3 .	
12. "	2221	17,6 gr Stärke, 2,0 gr Zucker,	1983	17,6 gr Stärke, 2,0 gr Zucker, 1,6 gr	
		3,2 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,6 gr NaHCO_3 .	
13. "	2128	ebenso.	1885	ebenso.	
14. "	1995	"	1851	"	
15. "	2045	15 gr Stärke, 1,8 gr Zucker,	1795	15 gr Stärke, 1,8 gr Zucker, 1,05 gr	
		2,1 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,05 gr NaHCO_3 .	
16. "	1869	35 gr Stärke, 5,0 gr Zucker,	1735	35 gr Stärke, 5,0 gr Zucker, 1,6 gr	
		3,2 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,6 gr NaHCO_3 .	
17. "	1908	ebenso.	1720	ebenso.	
18. "	1854	"	1673	"	
19. "	1830	"	1664	"	

Leber:
Gewicht 47,5 gr.
Glycogen 8,05 %
3,826 gr.
2,09 gr pro Kilothier.

Leber:
Gewicht 46,5 gr.
Glycogen 1,95 %
0,900 gr.
0,540 gr pro Kilothier.

Versuch XXIV.

Das Kaninchen erhält kohlensaures Ammoniak.

Kohlensaures und saures kohlens. Natrium.

Datum.	Körpergewicht.	Nahrung.	Körpergewicht.	Nahrung.
1884				
31. Dez.	2010	400 gr Mohrrüben.	2060	400 gr Mohrrüben.
1.—4. Jan.		17 gr Stärke, 2 gr Zucker,	1965	17 gr Stärke, 2 gr Zucker, 1,6 gr
5. „	2048	3,2 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,6 gr NaHCO_3 .
6. „		ebenso.		ebenso.
7. „				
8. „		8,5 gr Stärke, 1,0 gr Zucker,		9,5 gr Stärke, 1,0 gr Zucker, 0,8 gr
		1,6 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 0,8 gr NaHCO_3 .
9. „		17 gr Stärke, 2 gr Zucker,		17 gr Stärke, 2 gr Zucker, 1,6 gr
		3,2 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,6 gr NaHCO_3 .
10. „	1923	35 gr Stärke, 5 gr Zucker,	1629	35 gr Stärke, 5 gr Zucker, 1,6 gr
		3,2 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 , 1,6 gr NaHCO_3 .
11. „	1857		1632	

Leber:

Gewicht 53 gr.

Glycogen 4,26 %.

2,258 gr.

1,21 pro Kilothier.

Leber:

Gewicht 53 gr.

Glycogen 3,0 %.

1,59 gr.

9,974 pro Kilothier.

Der Versuch wurde beendet, weil aus der Vagina des Natriumkaninchens Blut abging — beginnender Abort. Im Uterus fanden sich vier Centimeter lange Föten.

Versuch XXV.

Das Kaninchen erhält kohlensaures Ammoniak.

Kohlensaures und saures kohlens. Natrium.

Datum.	Körpergewicht.	Nahrung.	Körpergewicht.	Nahrung.
1885				
18.—24. Feb.	2721	Mohrrüben.	1586	Mohrrüben.
25. „		10,6 gr Stärke, 1,5 Zucker,		9,6 gr Stärke, 1,4 gr Zucker, 1,75 gr
		1,85 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 + NaHCO_3 .
26. „		20,5 gr Stärke, 3,0 gr Zucker,		19,2 gr Stärke, 2,8 gr Zucker, 3,5 gr
		3,7 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 + NaHCO_3 .
27. „		ebenso.		ebenso.
28. „				
1. März	2330	27,2 gr Stärke, 3,9 gr Zucker,	2295	26,4 gr Stärke, 3,8 gr Zucker, 2,25 gr
		2,35 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 + NaHCO_3 .
2. „		34,0 gr Stärke, 4,8 gr Zucker,		33,6 gr Stärke, 4,8 gr Zucker, 3,0 gr
		3,0 gr kohlens. NH_3 .		Na_2CO_3 + NaHCO_3 .
3. „		ebenso.		ebenso.
4. „	2275		2217	

Leber:

Gewicht 66 gr.

Glycogen 2,86 %

1,89 gr.

0,830 pro Kilothier.

Leber:

Gewicht 61,5 gr.

Nur Spuren von Glycogen.

Beide Kaninchen von ganz gleicher Race, angeblich aus derselben Hecke, jedenfalls denselben Stalle.

Die vier letzten Versuche waren in analoger Weise angestellt. Ich liess die Thiere nicht mehr wie früher hungern, sondern fütterte sie eine Anzahl von Tagen mit einer unzureichenden Kohlehydratnahrung, indem gleichzeitig das eine Thier kohlen-saures Ammoniak, das andere ein Gemenge von gleichen Theilen Na_2CO_3 und NaHCO_3 erhielt. Wie Versuch XXII lehrt, schwindet hierbei das Glycogen fast vollständig aus der Leber. Es bleibt gleichzeitig der Organismus des einen Kaninchens reich an Ammoniak, während der des anderen mit kohlen-saurem Natrium gesättigt wird. Nun steigerte ich die Menge der Kohlehydrate und es zeigte sich in allen Versuchen, die ich nach diesem Schema anstellte (zu diesen gehört auch der oben angeführte Versuch VIII), dass dasjenige Kaninchen mehr Glycogen in seiner Leber bildete, in dessen Organismus das Ammoniak circulierte.

Wir wollen wiederum in einer Tabelle alle auf den Vergleich des kohlen-sauren Ammoniaks und des kohlen-sauren Natriums bezüglichen Versuche zusammenstellen.

Versuch No.	Glycogen in der Leber pro Kilo Thier.	
	Kohlens. NH_3 .	Kohlens. Natrium.
XVI	0,348	0,000
XVII	4,259	0,000
XVIII	[1,513]	1,345
XIX	Spuren	0,125
XX	0,248	0,385
XXI	0,859	0,130
XXIII	2,090	0,540
XXIV	1,210	0,974
XXV	0,830	0,000
<hr/>		<hr/>
$\frac{11,357}{1,262} : 9$		$\frac{3,499}{0,389} : 9$

Nehmen wir aus allen 9 Versuchen das Mittel, so wurde in der Leber des Ammoniakkaninchens pro Kilothier 1,262 gr Glycogen, in der des Natriumkaninchens nur 0,389 gr gebildet. Das berechtigt zu dem Schluss: Kohlen-saures Ammoniak befördert die Glycogenbildung nicht deswegen, weil es als Alkali wirkt.

Schlussbetrachtungen.

Das also geht aus dem Gesamttheil der sub 1, 2, 3 und 5 aufgeführten Versuche hervor: Gebe ich einem Kaninchen neben Kohlehydraten Asparagin, Glycocoll oder Ammoniak, so finde ich in seiner Leber mehr Glycogen als in der Leber des ganzen Thieres, welches kein Ammoniak erhalten hat.

Zur Erklärung dieser Erscheinung könnte man zunächst daran denken, dass die Ammoniaksalze die Aufsaugung der Kohlehydrate im Darmkanale begünstigen. Man könnte z. B. annehmen, dass die Umwandlung von Amylum in Zucker, also die Ueberführung desselben in eine schnell und leicht resorbirbare Substanz durch die diastatische Wirkung des Kohlehydratbacillus¹⁾ schneller bei Gegenwart von Ammoniaksalzen stattfände, als bei Abwesenheit derselben, oder dass vielleicht die Ammoniaksalze in ähnlicher Weise auf die resorbirenden Organe, die Epithelzellen, wirkten, wie etwa die Galle bei der Resorption der Fette. Aber ganz abgesehen von allem anderen, wäre diese Vermuthung richtig, so müsste besonders in den lang ausgedehnten Versuchen eine Anhäufung von Stärke im Darmkanale des Controlthieres stattfinden und mit dieser sich bald Folgezustände, wie abnorme Gährungserscheinungen, Gasentwicklung, Meteorismus, Durchfälle einstellen. Davon war nichts zu bemerken. In Versuch I und II constatirten wir bereits, dass während der ganzen Zeit keine Faeces nach aussen entleert worden waren und dass die Scybala fast nur aus anorganischen Salzen bestanden.

Es scheint mir diese Beobachtung zu genügen, um den Einwand zu entkräften, dass das Minus im Glycogengehalt der Leber des Controlthieres verglichen mit dem des Ammoniakkaninchens daher rühre, dass bei ersterem eine geringere Resorption von Kohlehydraten stattgefunden habe.

Die Wirkung des Ammoniaks macht sich also erst jenseits des Darmkanals im Organismus selber geltend.

Ammoniak bildet sich für gewöhnlich aus dem Stickstoff der in der Nahrung eingeführten Eiweisskörper, im Hunger aus dem zerfallenden Körpergewebe. Wir finden desshalb, dass auch noch nach längerem Hunger die Leber des Kaninchens die Fähigkeit

1) Vgl. Bienstock, Fortschritte der Medicin.

besitzt, bei alleiniger Einfuhr von Kohlehydraten Glycogen zu bilden.

In unseren Versuchen bildete sich unter sonst gleichen Bedingungen Glycogen in absolut grösserer Menge in demjenigen Organismus, dem eine grössere Menge von Ammoniak zu Gebote stand. Es erschien dabei gleichgültig, ob ich dem Thiere direct Ammoniaksalze zuführte oder Asparagin oder Glycocoll, d. h. also vielleicht überhaupt eine Substanz, die im Organismus unter Bildung von Ammoniak zerfällt.

Vergleichen wir diese Thatsache mit den in der Einleitung besprochenen Versuchen Weiske's, so sehen wir eine ähnliche Bedeutung, wie sie das Asparagin für den Gesamtstoffwechsel der Herbivoren zeigt, sich hier in den Beziehungen, welche das Asparagin zu der Function eines bestimmten Organes besitzt, wieder spiegeln. Da nun Asparagin im Organismus sich unter Bildung von Ammoniak zersetzt und Ammoniaksalze die gleiche Wirkung für die Glycogenbildung haben wie das Asparagin, so erscheint der Schluss berechtigt, dass auch im Gesamtstoffwechsel Ammoniaksalze eine ähnlich Eiweiss ersparende Wirkung entfalten können wie das Asparagin nach den Versuchen von Weiske. Nicht dadurch, dass das Asparagin zerfällt und hierbei Spannkkräfte frei werden, beeinflusst das Asparagin den Stoffwechsel, sondern dadurch, dass aus ihm Ammoniak entsteht — dessen der Organismus zu gewissen synthetischen Prozessen bedarf.

Und hiermit kämen wir zu der Frage, wie wir uns erklären sollen, dass bei der Bildung von Glycogen die Mitwirkung von Ammoniak erforderlich ist. Vielleicht ist es gestattet, folgende Hypothese aufzustellen.

Resorbierte Kohlehydrate, sagen wir Traubenzucker und Ammoniak, treten gleichzeitig in die Leberzelle ein, sie werden vorübergehend ein Theil des Protoplasmas, und es entsteht eine neue Verbindung, welche wir vielleicht mit den Hyalogenen oder Mucinen vergleichen können. Ebenso wie diese unter Einwirkung von Säuren in ein Kohlehydrat und Eiweiss zerfallen, so könnte sich jene hypothetische Verbindung der Leber in einen Nfreien und einen Nhaltigen Paarling spalten. Der Nfreie ist Glycogen. Der Nhaltige ist Harnstoff? Könnte nicht unter anderen Umständen vielleicht Cholalsäure und Glycocoll entstehen? stammt der Nfreie Rest, mit welchem Ammoniak die Synthese zu Harnsäure eingeht,

ebenfalls von den in der Leber vorhandenen Kohlehydraten her? Wir sehen, unsre Hypothese regt uns sofort zu neuen Fragen an.

Wenn ihr aber überhaupt ein richtiger Kern innewohnt, so gewinnt sie eine noch weitere, ganz allgemeine Bedeutung sowohl für den pflanzlichen, wie thierischen Chemismus. Sie weist darauf hin, dass bei den Stoffwechselvorgängen eine enge wechselseitige Beziehung zwischen den stickstofffreien und stickstoffhaltigen Substanzen besteht, dass ein chemischer Prozess, der sich nur auf die eine der beiden Gruppen von Substanzen zu erstrecken scheint, unter Mitwirkung der anderen verläuft, sie zeigt, dass bei gewissen Synthesen eine bisher als Endproduct des Stoffwechsels betrachtete Atomgruppe (NH_3) von neuem eine Bedeutung erlangt. Bei der Synthese des Glycogens spielt das Ammoniak eine wesentliche Rolle.

Ein Grundgesetz der Complementärfarben.

Von

Dr. P. Glan,

Privatdocent in Berlin.

Das Spectrokolorimeter, welches ich im XXIV. Bande von Pflüger's Archiv beschrieben habe, gestattete mir eine leichte Bestimmung der Complementärfarben für mein Auge selbst und ihrer Stärke, das heisst der Lichtmenge in absolutem Mass, oder einem ihm proportionalen, welche ich von jeder einzelnen Farbe nehmen muss, um aus je zweien von ihnen dieselbe Menge Weiss zu erhalten. Hierbei hat sich mir ein sehr schönes, und, wie ich glaube, sehr wichtiges Gesetz ergeben, welches sich so aussprechen lässt:

Die Stärke sämtlicher Complementärfarben, welche, zu je zweien zusammengesetzt, dieselbe Menge