X.

Aus dem pharmakologischen Institut zu Marburg.

Untersuchungen über den Nucleïnstoffwechsel.

(II. Mittheilung.)

Von

Dr. Otto Loewi, Assistent.

I. Einleitung.

In einer früheren Mittheilung^{*)1)} von mir wurde festgestellt, dass der Ersatz von Fleisch in der Nahrung durch eine dessen Stickstoffgehalt entsprechende Menge von Kalbsthymus ein Absinken der Harnstoffausscheidung zur Folge hat. Es blieb zu untersuchen, ob unter dem Einfluss der Thymus einer der normalen Componenten des sogenannten Stickstoffrestes in vermehrter Menge austritt, woran der Reichthum der Thymus an Extractivstoffen konnte denken lassen, oder ob ein bislang übersehenes Abbauproduet der Nucleïne im Harn auftritt. Da es mir nur auf die Prüfung letzterer Möglichkeit und ihrer Allgemeingiltigkeit für die Nucleïne ankam, stellte ich Fütterungsversuche mit Nucleïnen verschiedener Herkunft an. Mit der zwecks Feststellung der Resorptionsgrösse nothwendigen Stickstoffbilanz verband ich eine Phosphorsäurebilanz, um wowöglich einige Lücken in unserer Kenntniss vom Schicksal der Nahrungsnucleïne im Thierorganismus auszufüllen; sie betreffen nicht nur die Endproducte des Nucleïnumsatzes, sondern auch Art und Grösse der Aufnahme vom Darm aus, sowie die weitere Verwerthung im Körper. Die Entdeckung vermehrter Harnsäureausscheidung nach Nucleïnzufuhr hat derart das Interesse der Forscher gefesselt, dass fast sämtliche vorliegende Untersuchungen über die Stellung der Nucleïne im Stoffwechsel dieser einen Beziehung gelten. Von vornherein lässt sich aber gar nicht sagen, ob nicht den Nucleïnen, die nach

^{*)} Die kleinen Ziffern im Text beziehen sich auf das am Schlusse der Arbeit befindliche Litteraturverzeichniss.

ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Vertheilung im Körper eine Sonderstellung unter den Eiweisskörpern einnehmen, im Stoffwechsel ebenfalls eine Sonderstellung zukommt, die vielleicht von grösserem physiologischem Interesse ist als ihre Beziehungen zur Harnsäurebildung. Auf alle Fälle versprach die gleichzeitige Verfolgung von Stickstoff- und Phosphorsäure bei geeigneter Versuchsanordnung einigen Aufschluss über den Modus des Eiweissansatzes im Allgemeinen, über die Bedeutung organischen Phosphors für die Nucleinbildung im Besonderen.²⁾

Litterarische Belege und Gesichtspunkte, die im Einzelnen den Gang der Untersuchung bestimmten, werden der Einheitlichkeit der Darstellung zu Liebe im Anschluss an die eigenen Versuche gebracht werden.

II. Ueber Nucleinbildung im Thierkörper und ihre Beziehungen zu den Nahrungsnucleinen.

Die Frage nach der Bedeutung der Nahrungsnucleine*) für die Nucleinbildung im Körper hat eine gesonderte Bearbeitung noch nicht gefunden. Ihre Entscheidung ist von principieller Bedeutung, weil sie Anhaltspunkte dafür liefert, ob es möglich ist, den Ansatz oder Umsatz specifischer Zell- oder Organbestandtheile durch die Nahrung zu beeinflussen. Die Frage, ob solche Bestandtheile, wenn sie in der Nahrung geboten werden, ohne Weiteres „ins Blut, ins Mark, in die Knochen“ gehen und direct assimiliert werden, steht offen. Die Untersuchungen in dieser Richtung sind erschwert und die Ergebnisse vieldeutig, weil der Organismus in hohem Maasse die Fähigkeit besitzt, in der Nahrung gebotenes oder aus dem eigenen Zerfall herrührendes Material umzuprägen und für seine Zwecke zu verwerten.

Es fehlt nicht an Beobachtungen, die darauf hinweisen, dass der Organismus zur Aufrechterhaltung seines Nucleinbestandes nicht auf vorgebildete Nucleine angewiesen ist, sondern zur Umwandlung andersartiger Gruppen in Nucleinbestandtheile und zur Synthese dieser zu echten Nucleinen befähigt ist.

Miescher³⁾ hat sichergestellt, dass beim Rheinlachs aus der „Liquidation“ der Rumpfmusculatur stammende Phosphorverbindungen, in Form von Lecithin zu den Geschlechtsorganen geschafft, dort für die Nucleinbildung Material liefern.

Kossel⁴⁾ zeigte, dass aus dem Hühnerembryo durch Säure-

*) Mit „Nuclein“ wird im Folgenden lediglich das sogen. „echte Nuclein“ bezeichnet, im Gegensatz zu den „Paranucleinen“.

behandlung sich Nucleinbasen abspalten lassen, die aus dem unbrüteten Ei durch dieselbe Behandlung nicht zu gewinnen sind.

Burian und Schur⁵⁾ fanden in wochenlang mit Milch ernährten Hündchen mehr Nucleinbasen als in Thieren aus demselben Wurf sofort nach der Geburt. Da die in der Milch ermittelte Basenmenge zur Erklärung der Zunahme nicht ausreicht, nehmen die Autoren an, dass eine Atomgruppe im Milcheiweiss in die Basengruppe des Nucleins umgewandelt wird. Ist dieser Schluss auch nicht streng bewiesen, da wir, wie Schmiedeberg⁶⁾ und His⁷⁾ kürzlich zeigten, die Bedingungen zur völligen Gewinnung der Basen aus Geweben noch nicht entfernt beherrschen, so machen doch die Versuche, namentlich im Zusammenhang mit den genannten Beobachtungen Miescher's und Kossel's, sehr wahrscheinlich, dass auch das Säugethier sein Nuclein synthetisch bilden kann.

Immerhin könnte auch den Nahrungsnucleinen eine wesentliche Bedeutung für die Ernährung zukommen. Kossel⁸⁾ ist der erste, der diesem Gedanken in der Arbeit eines Schülers Ausdruck verlieh. Er machte wahrscheinlich, dass verfütterte Nucleinsäure als solche resorbiert wird, und wies daraufhin, dass die Möglichkeit, dem Organismus Phosphor in Nucleinverbindungen zuzuführen, für dessen Ernährung von Bedeutung sein könne. Röhm ann⁹⁾ nahm den Gedanken auf und verallgemeinerte ihn, indem er anderen phosphorhaltigen Eiweisskörpern (Casein) dieselbe Bedeutung zuerkannte: sie könnten vielleicht für das Kernleben dieselbe Rolle spielen wie anderes Eiweiss für das Protoplasma. Die noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen des genannten Autors und seiner Schüler scheinen unter anderem zu ergeben, dass organisch gebundener Phosphor eher zum Ansatz gelangt als anorganisches Phosphat. Es bleibt aber unentschieden, in welcher Form dieser Ansatz stattfindet und welchen Bestandtheilen des Körpers er zu Gute kommt. Er kann ebensogut wie die Nucleine auch das Protogon, die Lecithine u. s. w. betreffen.

Soll entschieden werden, ob Nuclein als solches zum Ansatz gelangt, so muss in erster Reihe gezeigt werden, dass Nuclein als solches und nicht in Form etwaiger Spaltungsproducte resorbiert wird; ferner müssen Bedingungen gewählt werden, wobei die Verwerthung des resorbierten Materials zum Ersatz anderer Körper nicht in Frage kommen kann. Der Hungerversuch ist darnach ausgeschlossen; dabei schmilzt allerhand Gewebe ein, das ersetzt werden muss.

Ich ging daher vom Stickstoffgleichgewicht aus und wählte eine Versuchsanordnung, wobei wir ebenfalls Ansatz von zugeführtem Eiweiss erzielen. Steigert man nämlich bei bestehendem Stickstoff-

gleichgewicht plötzlich die Eiweisszufuhr brüsk, so wird Stickstoff zum Ansatz gebracht, bis nach einigen Tagen wieder Gleichgewicht eintritt. Wie und wo diese Retention stattfand, ist bis jetzt dunkel. Einer der besten Kenner des Stoffwechsels, Friedrich Miescher¹⁰⁾, schreibt: „Ich hoffe den Nachweis führen zu können, dass dies Organ (die Leber) nicht nur für Kohlehydrate, sondern auch für Eiweiss und Phosphorsäure als Conto-Correntbank dient, wo der Ueberschuss von Vorrathseiweiss einstweilen aufgespeichert wird, aber auch rasch wieder liquidirt werden kann.“ von Noorden¹¹⁾ äussert eine ähnliche Anschauung: er meint, dass das retinirte Eiweiss theils in Blut und Lymphe verweilt, theils als Reservematerial analog dem überschüssigen Glykogen als todter Zelleinschluss aufbewahrt wird. Demgegenüber betont Bornstein¹²⁾, wie mir scheint, mit Recht, dass sich mit dem Ausdruck „todter Zelleinschluss“ ein bestimmter Begriff nicht verbinden lasse. Er befürwortet, dass wir der Zelle, die Kraft besessen hat, Eiweiss anzuziehen, auch die Kraft zutrauen dürfen, es zu organisiren, soweit es nicht für die Kraftleistung verbraucht wird. Wie dem auch sei: sicher ist, dass das ersparte Eiweiss dem Organismus zu Gute kommt; denn es erfolgt keine nachträgliche Ausscheidung.

Im Einzelnen gestaltete sich die Versuchsanordnung wie folgt.

Versuchsperson war ich selbst: 27 Jahre alt, 70 kg schwer. Ich nahm täglich dieselbe, von mir selbst abgewogene Nahrung ein, auf deren gleiche Zusammensetzung die grösste Sorgfalt verwandt wurde. Zu dieser Nahrung wurden an einzelnen, abgegrenzten Tagen Nucleinpräparate zugelegt.

Die Nahrung bestand aus: 150 g Fleisch, 120 g Butter, 285 g Weissbrot (auf Trockensubstanz berechnet), 6 Eiern, 50 ccm Sahne, 300 ccm Kaffeeabsud, 300 ccm Wein, 600 ccm Bier. Sie wurde in besonderer Weise für den Versuch hergerichtet und in Doppelanalysen N und P₂O₅ ermittelt. Die näheren Angaben sammt Analysenbelegen finden sich im Anhang.

Die Nucleinpräparate waren folgende:

1. Nuclein aus Lachssperma.

Frisch aus Basel bezogene reife Lachshoden wurden mit der Hand zerdrückt und die Milch, durch Leinen gepresst, in Wasser aufgeschwemmt. Dann wurde mit Essigsäure gefällt, centrifugirt, decantirt und mehrmals mit Wasser gewaschen, schliesslich die Fällung bis zum Gebrauch unter Alkohol aufbewahrt, dann filtrirt, mit Alkohol und Aether gewaschen und getrocknet.

Analysen:*)

$0,1627 \text{ g Substanz} = 0,02912 \text{ g N} = 17,88 \text{ Proc.}$
 $0,2415 \text{ g } = 0,04256 \text{ g N} = 17,62 \text{ } \} 17,75 \text{ Proc. N.}$
 $1,2915 \text{ g Subst.} = 0,2346 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,1501 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 11,65 \text{ Proc. P}_2\text{O}_5$
 $1,2915 \text{ g } = 0,1500 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 11,62 \text{ Proc. durch Titration ermittelt.}$

2. Nucleoproteid aus frischem Rindspankreas nach Hammarsten¹³⁾.

Analysen:

$0,2517 \text{ g Subst.} = 0,03836 \text{ g N} = 15,24 \text{ Proc.}$
 $0,3044 \text{ g } = 0,04648 \text{ g N} = 15,27 \text{ } \} 15,255 \text{ Proc. N.}$
 $0,1754 \text{ g } = 0,2931 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,18759 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 8,62 \text{ Proc. P}_2\text{O}_5$
 $2,1754 \text{ g } = 0,174 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 8,91 \text{ Proc. durch Titration ermittelt.}$

Anm.: Setzt man nach Ausfällung des Proteids aus dem Pankreasdecoct durch Essigsäure in der von Hammarsten¹³⁾ angegebenen Concentration zum Filtrat weiter Essigsäure, so bleibt dies zunächst klar, um nach weiterem Zusatz sich zu trüben und eine feinflockige Fällung zu geben. Bei der Ausfällung mit Salzsäure ist dies nicht der Fall. Es lag ausserhalb des Bereiches der Arbeit, die Beobachtung weiter zu verfolgen.

3. Hefennuclein: von Grübler bezogen.

Analysen:

$0,1582 \text{ g Subst.} = 0,01764 \text{ g N} = 11,15 \text{ Proc.}$
 $0,5024 \text{ g } = 0,05852 \text{ g N} = 11,65 \text{ } \} 11,40 \text{ Proc. N}$
 $2,2481 \text{ g } = 0,1939 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,1273 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 5,13 \text{ Proc. P}_2\text{O}_5$
 $2,233 \text{ g } = 0,12495 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 5,59 \text{ Proc. durch Titration ermittelt.}$

4. Nucleinsäure aus Salmnuclein.

Als Ausgangsmaterial diene obiges Präparat (1). In der Darstellung hielt ich mich an Miescher's¹⁴⁾ Vorschriften doch ohne Anwendung von Kälte. Nach viermaliger Extraction mit Salzsäure gab das Filtrat mit Ferrocyankalium keine Trübung mehr.

Analysen:

$0,1615 \text{ g Subst.} = 0,0249 \text{ g N} = 15,43 \text{ Proc.}$
 $0,1051 \text{ g } = 0,01624 \text{ g N} = 15,45 \text{ } \} 15,44 \text{ Proc. N}$
 $0,4167 \text{ g } = 0,1184 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,07065 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 16,95 \text{ Proc. P}_2\text{O}_5$
 $1,111 \text{ g } = 0,19012 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 17,11 \text{ Proc. P}_2\text{O}_5 \text{ durch Titration}$
 ermittelt.

Der Koth wurde, mit Ausnahme der Nucleintage, wo mitunter mehrmalige Defäcation stattfand, täglich einmal nach Entleerung des Nachtharns abgesetzt. Die einzelnen Perioden liessen sich durch abwechselnde Einnahme von Thierkohle und Carmin, in wenig Wasser aufgeschwemmt, scharf abgrenzen. Die einzelnen Kothportionen

*) Die Angaben über die Methodik der Bestimmungen folgen weiter unten.

wurden, mit Schwefelsäure angesäuert, auf dem Wasserbad unter Alkoholzusatz getrocknet und auf einer Mühle zu feinem Staub gemahlen.

In dem so vorbereiteten Koth und in der 24stündigen Harnmenge wurde Stickstoff und Phosphorsäure in Doppelanalysen bestimmt. (Die Belege finden sich im Anhang.)

Der Stickstoff wurde in Nahrung und Ausgaben nach Kjeldahl bestimmt.

Die Phosphorsäure im Harn wurde unter Verwendung von Cochenille als Indicator durch Urantitration bestimmt; bei der Bestimmung in Koth und Nahrung richtete ich mich im Wesentlichen nach den Vorschriften von Neubauer¹⁵⁾ in der Modification von Röhm ann¹⁶⁾. Im Einzelnen gestaltete sich die Bestimmung folgendermaassen:

Die abgewogenen Mengen (ca. 5 g) Koth oder Nahrung wurden mit 30—50 cem concentrirter Schwefelsäure ca. 24 Stunden stehen gelassen, darnach unter Zusatz von NH_4NO_3 verbrannt, bis die Flüssigkeit hellgelb geworden war. Dann wurde mit wenig Wasser verdünnt, unter Zusatz von Kupfersulfat oder Cochenille mit NH_3 schwach alkalisch gemacht, mit HNO_3 angesäuert und auf ein bestimmtes Volumen gebracht. Waren zwei Proben abgewogen, so wurden je 50 cem entnommen und weiter behandelt. Meist begnügte ich mich damit, mit zweimal 50 cem aus einer Verbrennung die folgende Procedur vorzunehmen. In 50 cem der aufgefüllten Flüssigkeit wurden 15 g NH_4NO_3 gelöst, das doppelte Volumen (100 cem) der nach Fresenius¹⁷⁾ bereiteten Molybdänlösung hinzugefügt, die Mischung auf dem Wasserbad eine Stunde erhitzt, erkalten gelassen, decantirt, schliesslich filtrirt und mit verdünnter Molybdänlösung nachgewaschen, bis BaCl_2 das Filtrat auch nach längerem Stehen nicht mehr trübte. Der Niederschlag wurde mit 100 cem 2½ procent. NH_3 ohne Durchlöcherung des Filters in das Becherglas zurückgespritzt und nun wurde tropfenweise mit Magnesiamixtur gefällt. Nach vierstündigem Stehen wurde durch ein aschefreies Filter abfiltrirt und mit 2½ procent. NH_3 gewaschen, bis das mit HNO_3 angesäuerte Filtrat auf Zusatz von AgNO_3 sich nicht mehr trübte. Filter sammt Niederschlag wurden im Luftbad bei 100° getrocknet und in gewogenem Platintiegel, dessen Deckel mit MgO überzogen war, auf dem Bunsenbrenner, bis die letzten Kohlereste verschwunden waren, schliesslich noch einige Minuten über der Gebläseflamme geglüht und gewogen.

Das Wägungsverfahren erwies sich als nothwendig, nachdem Controlanalysen bei der Urantitration des mit H_2SO_4 aufgeschlossenen

Kothes viel zu hohe Werthe ergaben hatten. So fand ich in
 Koth I a) 3,43} 3,45 Proc. P_2O_5 nach a) 7,73}
 b) 3,46} dem Wägungsverf. b) 7,72} 7,725 Proc. P_2O_5

mit Urantitration, in

Koth III a) 3,29} 3,205 Proc. P_2O_5 nach a) 7,71}
 b) 3,24} dem Wägungsverf. b) 7,77} 7,74 Proc. P_2O_5

mit Urantitration (bei Anwendung von Cochenilletinctur als Indicator).

Bei dieser Methode stören die grossen Mengen von Ammonsulfat, wie mich ein Versuch belehrte, wo ich nach Zusatz von 7 g dieses Salzes zu 50 cem Harn 7,5 cem Uranacetatlösung mehr verbrauchte als ohne Zusatz.

Versuch I. TABELLE I.

Periode	Einnahmen				Ausgaben						Bilanz	
		N	P_2O_5		Harn	Kothp.d.		Summa			N	P_2O_5
					N	P_2O_5	N	P_2O_5	N	P_2O_5	N	P_2O_5
I	Standardkost	15,532	3,591	1.	12,796	2,38			14,756	3,32	+0,776	+0,27
				2.	13,384	2,43			15,344	3,37	+0,188	+0,22
				3.	14,420	2,49	1,96	0,94	16,380	3,43	-0,848	+0,16
				4.	14,588	2,53			16,548	3,47	-1,006	+0,12
					13,797	2,46			15,757	3,40	-0,225	+0,19
II	St. K. + 30 g Salm-nuclein	20,857	7,077	5	15,960	3,73	1,62	1,40	17,58	5,13	+3,277	+1,95
III	Standardkost	15,532	3,591	6.	13,881	2,50			15,391	3,22	+0,141	+0,37
				7.	14,112	2,48	1,51	0,72	15,622	3,20	-0,09	+0,39
				8.	13,832	2,50			15,342	3,22	+0,19	+0,37
					13,942	2,49			15,452	3,21	+0,08	+0,38
IV	K. St. + 20 g Pan-kreasnuclein	18,694	5,337	9.	14,672	3,04	2,56	1,86	17,232	4,90	+1,462	+0,44
V	Standardkost	15,532	3,591	10.	13,272	2,49			15,492	3,55	+0,04	+0,04
				11.	13,720	2,52	2,22	1,06	15,940	3,58	-0,408	+0,01
					13,496	2,50			15,716	3,57	-0,184	+0,025
VI	St. K. + 30 g Hefennuclein	19,171	5,245	12.	15,070	3,25	1,68	1,04	16,75	4,29	+2,421	+0,955
VII	Standardkost	15,751	3,637	13.	13,580	2,65			15,440	3,57	+0,311	+0,07
				14.	13,286	2,60	1,86	0,92	15,146	3,52	+0,605	+0,12
				15.	12,992	2,16			14,852	3,08	+0,899	+0,56
					13,286	2,47			15,146	3,39	+0,605	+0,25
VIII	St. K. + 20 g Nucleinsäure	18,735	7,114	16.	15,120	3,78	1,74	1,76	16,86	5,54	+1,875	+1,574
IX	Standardkost	15,922	3,710	17.	13,320	2,47			15,27	3,67	+0,652	+0,04
				18.	12,820	2,21	1,95	1,2	14,77	3,41	+1,152	+0,30
					13,070	2,34			15,02	3,54	+0,902	+0,17

Das Befinden war während des ganzen Versuches ungestört, der an den Nucleintagen mehrfach entleerte Koth war breiig, im Urin fielen reichlich Harnsäurekrystalle aus.

Wir haben auseinandergesetzt, dass zunächst der Nachweis zu führen sei, ob die Nucleine als solche resorbiert und angesetzt werden. Diese Gesichtspunkte sollen für die Besprechung des Versuches maassgebend sein.

a) Das Schicksal der Nucleine im Darmkanal.

Eine Versuchreihe Bokay's¹⁸⁾ aus Hoppe-Seyler's Laboratorium, wonach das Nuclein unresorbierbar sein soll, wurde in ihrer Allgemeingiltigkeit durch Arbeiten aus Kossel's Laboratorium zuerst widerlegt. Gumlich¹⁹⁾ wies an der Hand von Phosphorsäurebestimmungen im Harn nach, dass ein grosser Theil der in der Thymusnucleinsäure vorhandenen Phosphorsäure in den Harn übergeht und konnte qualitativ im Chymus Nucleinsäure nachweisen. Popoff²⁰⁾ zeigte, dass der Pankreassaft Nuclein als solches zu lösen vermag, ohne in merklicher Menge Phosphorsäure abzuspalten.

Anm.: Dass die Resorbirbarkeit des Nucleins nicht an die Anwesenheit von Pankreassaft im Darm gebunden ist, beweist ein Versuch, wo ich nach Unterbindung sämtlicher Pankreasausführungsgänge bei einem weiblichen Schäferhund im Harn nach Fütterung mit 500 g Thymus die Phosphorsäure von 1,7 g auf 5,3 g ansteigen sah. Die Obduction zeigte die sämtlichen obturirten Gänge enorm erweitert und knorpelhart.

Im vorliegenden Versuch war, wie die folgende Tabelle lehrt, die procentuale Ausnutzung an den Nucleintagen besser als in den übrigen Perioden.

TABELLE II.
a. Ausnutzung in den Normalperioden.

Periode	Einnahme		Koth		Resorption in Proc. der Einnahme		Zulage
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
I	15,532	3,591	1,96	0,94	87,4	73,8	
III	15,532	3,591	1,51	0,72	90,3	80,0	
V	15,532	3,591	2,22	1,06	85,7	73,4	
VII	15,751	3,637	1,86	0,92	88,8	74,7	
IX	15,922	3,710	1,95	1,2	87,8	67,7	
Mittel:			1,92		88,0	73,9	

b. Ausnutzung an den Nucleintagen.

II	20,857	7,077	1,62	1,40	94,3	80,2	Salmnuclein
IV	18,694	5,337	2,56	1,86	86,3	65,2	Pankreasnuclein
VI	19,171	5,245	1,68	1,04	90,2	80,2	Hefennuclein
VIII	18,735	7,114	1,74	1,76	90,7	75,3	Salmnucleinsäure

Nur in Periode IV war die Ausnutzung schlechter als in den Normalperioden. In den Perioden II, VI, VIII lieferten entweder die Nucleine selbst höhere Ausnutzungswerthe oder die Gesamtausnutzung hat sich unter ihrem Einfluss gebessert.

Zu einer Anschauung über die Grösse und Art der Nucleinausnutzung zu gelangen, müssen wir die absolute Grösse der Ausscheidung von Stickstoff und Phosphorsäure im Koth berücksichtigen. Dabei ergibt sich zunächst ein verschiedenes Verhalten der Nucleine untereinander, ferner ein Unterschied in der Ausnutzung von Stickstoff und Phosphorsäure.

In den Normalperioden enthält der Koth im Durchschnitt 1,9 g N p. d. (s. Tab. II). Mit Ausnahme des Tages, an dem Pankreasnuclein gegeben wurde, bleiben die Werthe der Nucleintage unter diesem Werth. Anders steht es mit der Phosphorsäure. Hier ist der Durchschnittswerth p. d. der Normalperioden 0,94. An dem Tage der Hefenucleindarreichung wird dieser Werth geringfügig, an den übrigen Nucleintagen fast um das Doppelte überschritten.

Besonders deutlich wird dies Verhältniss bei Vergleich des Procentgehaltes der Kothe an N und P_2O_5 .

TABELLE III.
a. Normalperioden.

Periode	N in Proc. des Trockenkoths	P_2O_5	N : P_2O_5
I	7,15	3,44	1 : 0,48
III	6,85	3,27	1 : 0,48
V	6,94	3,30	1 : 0,48
VII	6,88	3,42	1 : 0,49
IX	7,35	4,53	1 : 0,61
Mittel:	7,08	3,60	1 : 0,5

b. Nucleintage.

II	7,05	6,08	1 : 0,86
IV	7,12	5,18	1 : 0,71
VI	7,02	4,35	1 : 0,62
VIII	7,26	7,34	1 : 1,0
Mittel:	7,11	5,74	1 : 0,8

Da der Stickstoffgehalt des Kothes in den Nucleinperioden nicht anstieg, kann das Phosphorsäureplus nicht aus unresorbirtem, intaktem Nuclein stammen. Sonst müsste der merkwürdige Zufall gespielt haben, dass unter dem Einfluss des Nucleins um soviel mehr Stickstoff aus der gewöhnlichen Nahrung resorbirt worden und im Koth durch Nucleinstickstoff ersetzt worden sei, so dass der Gehalt des Kothes an Stickstoff den Normalperioden gegenüber sich nicht

geändert hat. Es muss vielmehr eine Trennung zwischen dem N- und dem P_2O_5 -haltigen Antheil der Nucleïne stattgefunden haben. Diese kann vor oder nach dem Durchtritt durch die Darmwand erfolgt sein. Im letzteren Fall müsste die Phosphorsäure wieder auf den Darm ausgeschieden worden sein, nachdem das Nucleïn als solches resorbiert und erst im Körper zersetzt worden. Die Möglichkeit der Ausscheidung von anorganischer Phosphorsäure auf die Darmwand hat Friedrich Müller²¹⁾ erwiesen. Er zeigte, dass im Hunger ein grosser Theil des Calciumphosphates aus den Knochen sich im Koth fand. Ob die Ausscheidung einmal ins Blut gelangter Phosphorsäure auch in der Norm statthat, dafür existieren meines Wissens keine Daten. Deshalb hat Herr Bergmann²²⁾ im hiesigen Institut Versuche über den Verbleib subcutan injicirter Phosphorsäure angestellt: diese ging vollständig in den Harn über, gleichgiltig ob der Darm mit Kalksalzen überladen war oder nicht. Demnach findet, wenigstens beim Hunde, in der Norm keine von der Nahrung abhängige Phosphatausscheidung auf den Darm statt und wir müssen schliessen, dass bereits vor Passage der Darmwand theilweise eine Zersetzung der Nucleïne stattgefunden hat.

Betreffs des Resorptionsmodus der untersuchten Nahrungsnucleïne, in denen nach Kossels²³⁾ Anschauung die Nucleïnsäure theils festgebunden (Pankreasproteid), theils ungebunden (Salmnucleïn) ist, bestätigt und erweitert der vorliegende Versuch die bisherigen Versuchsergebnisse:

„Die Nahrungsnucleïne werden im Darm zum Theil gespalten; die Phosphorsäure des gespaltenen Antheils geht in die Fäces, während der stickstoffhaltige Antheil resorbiert wird. Der nicht gespaltene grössere Antheil der Nucleïne wird resorbiert und zwar bleibt dabei, wie vorwegzunehmen mit Ausnahme des Pankreasnucleïn, die Phosphorsäure in organischer Bindung. Hätte nämlich eine Spaltung bis zum Auftreten anorganischer Phosphorsäure stattgefunden, so hätten wir nach dem Ausfall der Bergmann'schen Versuche die Phosphorsäure im Harn finden müssen, was, wie der folgende Theil der Untersuchung zeigen wird, nicht der Fall ist.“

b) Das Schicksal der Nucleïne nach der Resorption.

An den Nucleïntagen mussten wir in der Voraussetzung, dass Nucleïn sich wie anderes Eiweiss verhält, eine Retention von Stick-

stoff erwarten. In der That trat diese nach Ausweis der Bilanz jedesmal ein. In der folgenden Tabelle seien übersichtshalber die Werthe für den Ansatz noch einmal zusammengestellt und zwar bei den drei ersten Nucleäntagen die Werthe für den absoluten Ansatz, da vorher N-Gleichgewicht bestand; vor der Fütterung mit Nucleinsäure (Per. VIII) war der Organismus im Stickstoffansatz begriffen, es ist daher nur der Ueberschuss auf Ansatz aus Nuclein zu rechnen.

TABELLE IV.

Per.		Zulage		Ansatz		Zulage	Ansatz
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N : P ₂ O ₅	N : P ₂ O ₅
II	Salmnuclein	5,33	3,49	3,38	1,95	1 : 1,53	1 : 1,79
IV	Pankreasnuclein	3,16	1,75	1,46	0,437	1 : 1,8	1 : 3,3*)
VI	Hefennuclein	3,64	1,654	2,42	0,955	1 : 2,2	1 : 2,5
VIII	Nucleinsäure	2,98	3,477	1,27	1,327	1 : 0,86	1 : 0,95

Von besonderem Interesse war das Verhalten der Phosphorsäure. Aus ihm liess sich schliessen, ob das zurückgehaltene Material Nuclein war. In der That kam es nach Ausweis der Bilanz zu einem beträchtlichen Phosphoransatz. Und zwar stand er in annähernd demselben Verhältniss zur Grösse des Stickstoffansatzes, wie sich das Verhältniss von Stickstoff zu Phosphorsäure in den dargereichten Präparaten stellt. Daher lässt sich der Ansatz fast ebenso aus der Phosphorsäure wie aus dem Stickstoff berechnen.

In Periode II berechnen sich aus N = 19 g aus P₂O₅ = 17 g Salmnuclein
 „ „ IV „ „ „ N = 9,2 g „ P₂O₅ = 0 g Pankreasnuc.
 „ „ VI „ „ „ N = 20 g „ P₂O₅ = 17,3 g Hefennuclein
 „ „ VIII „ „ „ N = 8,5 g „ P₂O₅ = 7,6 g Nucleinsäure.

Nur nach Fütterung mit Pankreasnuclein wurde keine P₂O₅ zurückgehalten. Hier hatte auch nach Ausweis von Tabelle II bereits im Darm eine weitgehende Abspaltung stattgefunden. Der Rest der P₂O₅ findet sich im Harn, so dass wir annehmen müssen, dass dies Präparat im Organismus völlig aufgespalten wird.

Wie haben wir uns nun die Retention von Stickstoff und Phosphorsäure vorzustellen?

„Berücksichtigen wir, dass anorganische Phosphorsäure, ins Blut gelangt, vollständig im Harn ausgeschieden wird, so sind wir zu dem Schluss berechtigt, dass im Organismus keine Spaltung der Nucleine (mit Ausnahme des Pankreasnuclein) bis zum Auftreten un-

*) Das Verhältniss ist thatsächlich noch grösser, da bereits in Periode III Phosphorsäureansatz stattgefunden hatte.

Zu einer täglich gleichen Diät wurde an 3 Tagen nucleinsaures Natrium aus Hefe (Merck) zugelegt. Bereits in der Vorperiode hatte geringfügiger N- und beträchtlicher P_2O_5 -Ansatz stattgefunden. Nach Zulage des Nucleinpräparates steigerte sich dieser Ansatz enorm, um selbst in der Nachperiode noch anzudauern. Er betrug weit mehr, als in dem verfütterten Präparat an N und P_2O_5 enthalten war.

In beiden Versuchen hatte demnach Nucleinzulage bewirkt, dass die Versuchspersonen aus dem Stickstoffgleichgewicht herauskamen und Stickstoff, im 2. Versuch auch Phosphorsäure ansetzten.

Ein etwas anderes Resultat förderte ein weiterer Versuch.*) Nach einer Vorperiode wurden zur gleichen Kost täglich 30 g eines aus Hefe dargestellten Präparates zugelegt, das nur geringe Mengen Nuclein enthielt. Es folgte eine Nachperiode gleich der Vorperiode.

Die Versuchsanordnung war sonst dieselbe wie in Versuch I. Die Nahrung war zusammengesetzt aus 200 g Lenden, 285 g Weissbrot (trocken), 150 g Butter, 6 Eiern, 700 ccm Kaffeeabsud, 1500 ccm Bier. Die Analysen folgen im Anhang.

Versuchsperson ist 25 Jahre alt, 70 kg schwer.

Versuch III. TABELLE VI.

Periode	Einnahmen				Ausgaben						Bilanz	
		N	P ₂ P ₅	Harn		Koth p. d.		Summe		N	P ₂ O ₅	
				N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅			
I	Standardkost	17,725	3,88	14,78	2,52	1,18	0,88	15,96	3,40	+1,76	+0,48	
				13,86	2,69			15,04	3,57	+2,68	+0,31	
				14,68	3,00			15,86	3,88	+1,86	—	
				16,68	3,16			17,86	4,04	—0,13	+0,16	
				15,46	3,03			16,64	3,91	+1,07	+0,03	
				15,45	2,90			16,63	3,78	+1,08	+0,12	
				15,15	2,88			16,33	3,76	+1,39	+0,12	
II	Standardkost + 30 g Hefepräp.	17,725 +3,6 21,325	3,88 +0,27 4,151	14,78	2,48	1,6	0,98	15,84	3,46	+5,48	+0,79	
				15,23	2,62			16,29	3,60	+5,03	+0,55	
				17,89	3,6			18,95	4,04	+2,37	+0,11	
				15,97	2,72			17,03	3,70	+4,29	+0,45	
III	Standardkost	17,873	4,029	15,68	3,06	1,69	0,89	17,37	3,95	+0,5	+0,08	
				14,12	2,75			15,81	3,64	+2,06	+0,39	
				15,12	2,96			16,86	3,85	+1,06	+0,18	
				14,97	2,92			16,66	3,811	+1,21	+0,22	

*) Die Herrn Collegen Hess und Ulrici haben mich in diesem und dem folgenden Versuch eifrig unterstützt, wofür ich Ihnen auch an dieser Stelle herzlich danken möchte.

Bereits in der Vorperiode bestand Stickstoffansatz bei annäherndem Phosphorgleichgewicht. Nach Zulage des Hefepräparates wurden dann von diesem Stickstoff 80 Proc. angesetzt und seine Phosphorsäure nicht nur völlig retiniert, sondern von der Nahrung noch 0,2 g mehr als in der Vorperiode.

Um vergleichen zu können, wie unter denselben Umständen sich eine Zulage von Eiweiss verhält, wurde an einer anderen Person ein weiterer Versuch angestellt und zwar genau unter denselben Bedingungen wie der vorige, nur dass statt des Hefepräparates 15,5 g Nutrose zugelegt wurde.

Versuchsperson 25 Jahre alt, 74,5 kg schwer.

Versuch IV. TABELLE VII.

Periode	Einnahmen				Ausgaben						Bilanz	
				Harn		Koth p. d.		Summa				
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅			
I	Standardkost	17,725	3,88	14,826	2,83	2,036	1,57	16,862	4,40			
				15,532	2,92			16,568	4,49			
				14,952	3,30			16,988	4,87			
				15,23	3,63			17,768	5,20			
				15,96	3,41			17,996	4,98			
				15,23	3,49			17,268	5,06			
				15,12	3,26			17,158	4,83			
II	Standardkost + 15,5 g Nutrose	19,810	4,28	16,307	3,66	2,678	2,09	18,985	5,75			
				16,912	3,18			19,590	5,27			
				16,352	3,24			19,030	5,33			
				16,524	3,36			19,202	5,45			
III	Standardkost	17,873	4,03	16,688	3,64	2,158	1,47	18,846	5,11			
				14,98	3,37			17,138	4,85			
				16,632	3,64			18,790	5,11			
				15,75	3,26			17,908	5,73			
				16,012	3,48			18,18	4,95			

Der Stickstoff der zugelegten Nutrose erschien vollständig in den Ausscheidungen, die Phosphorsäureausscheidung war sogar in der Nutroseperiode etwas höher als vorher. Der Versuch zeigt, dass Pseudonuclein unter denselben Verhältnissen den Körper verlässt, wo Nuclein angesetzt wird und den Ansatz der sonstigen Nahrung befördert.

Ich halte es für verfrüht, aus den vorliegenden Versuchen weitgehende Schlüsse über den Nutzen etwaiger Nucleinzulagen zu ziehen,

möchte aber auf bereits vorliegende Versuche in dieser Richtung hinweisen, wo ebenfalls Zugabe von organischen Phosphorverbindungen den Ansatz aufbesserte.

Danilewski²⁴⁾ beobachtete nach Fütterung mit Lecithinen rascheres Wachstum bei kleinen Thieren.

Marcuse²⁵⁾ fand nach Fütterung mit Casein, Caspari²⁶⁾ mit Plasmon günstige Beeinflussung des Stickstoffstoffwechsels.

In neuester Zeit schliesslich fanden Cronheim und Müller²⁷⁾ bei Ersatz von Milch durch entsprechende Mengen des lecithinreichen Eidotters bei sonst gleichem calorischem Werth der Nahrung bessere Resorption und Ansatz.*)

In scheinbarem Gegensatz hierzu stehen Beobachtungen von Milroy und Malcolm²⁹⁾ über den Einfluss des Nucleins auf den Stoffwechsel. Die Versuche waren von dem Gesichtspunkt aus unternommen, dass die Nucleine zu Leukocytose, Leukolyse und dadurch zu Nucleinzerfall führen müssten. Nach Einfuhr von 1,5 g Nucleinsäure mit 0,17 g P_2O_5 stieg die P_2O_5 -Ausscheidung um 2 g gegenüber den Normaltagen. Die N-Ausscheidung stieg nicht merklich, so dass es nicht als bewiesen gelten darf, dass die P_2O_5 -Vermehrung, die übrigens auch nach Thymustabletten eintrat, ohne von einer N-Steigerung begleitet zu sein, vom Nucleinzerfall herrührt; man müsste denn annehmen, dass der N-haltige Antheil der Leukocyten im Organismus wieder Verwendung gefunden hat.

Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass in den oben angeführten, eigenen Versuchen ebenfalls ein Nucleinzerfall stattgefunden hat, der lediglich durch den gewaltigen Ansatz verdeckt wurde.

Es scheint sich aber bei den Versuchen von Milroy und Malcolm um ein toxisch wirkendes Nucleinsäurepräparat gehandelt zu haben. Die Verfasser geben nichts über Darstellung und Herkunft an, wohl aber ist 1 g ihre Maximaldosis gewesen, da bei höheren Gaben „certain rather disagreeable symptoms (severe muscular tremors)“ auftraten.

Ich habe an mir und an einem zweiten Herrn ähnliche Beobachtungen mit einem Präparat gemacht, das mir unter der Bezeichnung „nucleinsaures Natrium aus Hefe“ von den Farbwerken Bayer in Elberfeld gütigst überlassen worden war. Nach dessen Genuss traten Uebelkeit, Appetitlosigkeit, Müdigkeit und breiige Stühle auf. Die Untersuchung des Stoffwechsels ergab Einbusse an Stickstoff und Phosphorsäure.

*, Keller²⁸⁾ fand sogar nach Zugabe von Natriumphosphat zur Nahrung beim Kind bessere P_2O_5 -Ausnützung und Ansatz.

In den Versuchen, über deren günstige Bilanz oben berichtet wurde, wurden 30 g Nucleinsäure ohne jede Beschwerde vertragen; ebenso giebt Neumann ³⁰⁾ an, dass die von ihm dargestellte Nucleinsäure aus Thymus ohne jede Störung in Dosen von 10 g vertragen wird.

IV. Die Endproducte des Nucleinstoffwechsels.

a. Harnstoff.

Wie Eingangs erwähnt, war der ganze Versuch in der Absicht unternommen, festzustellen, ob ausser der Harnsäure noch andere stickstoffhaltige Endproducte aus dem Nuclein in nennenswerther Menge hervorgehen, deren Auftreten im Harn durch Sinken des Harnstoffgehaltes im Verhältniss zum Gesamtstickstoff hätte sich zeigen müssen. Ich bestimmte deshalb in Versuch I neben dem Gesamtstickstoff den Harnstoff nach Mörner-Sjöqvist und die Harnsäure nach Ludwig-Salkowski in Doppelanalysen.

Versuch V. TABELLE VIII.

Per.	Kost	N	$\frac{+}{UN}$		$\bar{U}$	P ₂ O ₅	Acidität**)	$\bar{U}$ -Sediment
			absolut	Proc. des N				
I	Standardkost	12,796	10,92	85,3	0,5208	2,38	—	
		13,384	—	—	0,5376	2,43	—	
		14,420	12,432	86,2	0,5880	2,49	—	
		14,588	12,656	86,0	0,5670	2,53	—	
II	St.-K. + Salmnuclein	15,960	14,0	87,7	1,0416	3,30	—	vorhanden
III	Standardkost	13,881	12,012	86,5	0,8064	2,93*)	—	
		14,112	12,152	86,1	0,5638	2,48	—	
		13,832	11,48	83,9	0,6048	2,50	—	
IV	St.K. + Pankreasnucl.	14,672	12,32	83,9	1,592	3,04	—	vorhanden
V	Standardkost	13,272	—	—	0,8694	2,49	41,7%	vorhanden
		13,72	11,20	81,6	0,6636	2,52	—	
VI	St.-K. + Hefenuclein	15,07	13,524	88,8	1,0836	3,25	44,2%	vorhanden
VII	Standardkost	13,58	12,600	90,0	0,685	2,65	54,2%	vorhanden
		13,286	12,026	83,0	0,6058	2,60	51,6%	
		12,992	10,920	82,1	0,6132	2,16	47,7%	
VIII	St.-K. + Nucleinsäure	15,120	12,768	84,5	0,8568	3,22	46,7%	vorhanden
IX	Standardkost	13,320	11,48	86,1	0,7980	3,03*)	—	vorhanden
		12,820	—	—	0,6045	2,29	—	

*) In Tabelle I ist die im Urin erfolgende Nachausscheidung von P₂O₅, die sich durch Subtraction der äusserst gleichmässigen Normalwerthe ergibt, zu der zugehörigen, vorausgehenden Periode gerechnet worden.

**) Bestimmt nach Freund und Lieblein.

Nach Ausweis der Tabelle fallen die Harnstoffwerthe an den Nucleintagen nicht aus der Reihe. Der früher¹⁾ erhobene Befund, dass nach Verabreichung von Thymus der Harnstickstoff sinkt, ist demnach durch den Reichthum der Thymus an Extractivstoffen zu erklären.

„Nach Verabreichung von Salmnuclein und Salmnucleinsäure, von Hefenuclein und Pankreasnucleoproteid treten ausser der Harnsäure demnach beim Menschen andere stickstoffhaltige, spezifische Endproducte in nennenswerther Menge nicht in den Harn über.“

Mit Salmnuclein wurden beträchtliche Mengen von Protamin eingeführt. Dies geht also ebenfalls, wenigstens wenn es in Verbindung mit Nucleinsäure eingeführt wird, in Harnstoff über. Dies besagt freilich nichts für das Verhalten des freien Protamins im Organismus.

b. Harnsäure.

a) Bildung aus verschiedenen Nucleinen.

Die bisherigen Versuche wurden nur deshalb am Menschen ausgeführt, weil gleichzeitig weiteres Material zur Physiologie der Harnsäurebildung und -Ausscheidung geliefert werden sollte, was bei Benutzung von Thieren bekanntlich nicht möglich ist.

In Versuch I war an den Tagen der Nucleindarreichung, mitunter auch einen Tag danach noch, die Harnsäureausscheidung jedesmal vermehrt; bemerkenswerth ist diese Erscheinung nach Fütterung mit Pankreasnucleoproteid. Nach Hammarsten¹³⁾ enthält dies Präparat von Purinbasen im Wesentlichen Guanin. In den bisherigen Versuchen²⁹⁾ wurde nach Fütterung mit der freien Base die Harnsäureausscheidung nicht vermehrt gefunden. Aus der letzten Arbeit über diesen Gegenstand (Burian und Schur³¹⁾) geht allerdings hervor, dass gar keine Resorption des Guanin stattfindet. Wenigstens sind die Stickstoffzahlen im Harn nach Einfuhr von 7,1 g Guanin mit über 3 g N nicht erhöht.

„Der Versuch mit Fütterung von Pankreasnucleoproteid beweist, dass gebundenes Guanin eine Quelle der Harnsäurebildung ist.“

Da wir nun einen Versuch vor uns haben, der uns über die quantitativen Verhältnisse des Nucleinumsatzes belehrt, so dass wir genau wissen, wieviel Nuclein resorbirt, angesetzt und umgesetzt wurde, wäre es verlockend, für die einzelnen Nucleine die Menge der daraus entstandenen Harnsäure zu berechnen, um durch einen Vergleich der im eingeführten Nuclein enthaltenen Basenmenge mit der Menge der ausgeschiedenen Harnsäure Anhaltspunkte für das

Schicksal der intermediär entstandenen Harnsäure zu erlangen. Zu einwandsfreien Resultaten gelangen wir auf diese Weise nicht, da die Menge der ausgeschiedenen Harnsäure nicht nur von der Menge der in den betreffenden Nucleinen enthaltenen (Basen) Harnsäurevorstufen, sondern auch von der Grösse der durch die Nucleineinfuhr bedingten Leukolyse abhängig ist. Ich erinnere hier an die von Hopkins und Hope³²⁾ erhobenen, von Weintraud³³⁾ jüngst bestätigten Befunde, wonach auch die Fütterung mit basenfreiem Thymusextract zur Harnsäurevermehrung führt. Daher scheint es mir nicht berechtigt, wie dies neuerdings Burian und Schur³⁴⁾ thun, für ein einzelnes Nahrungsmittel die Grösse der darnach erfolgenden Harnsäureausscheidung zu bestimmen. Die Versuchsergebnisse der Genannten sprechen nur dafür, dass unter Umständen die aus der Leukolyse stammende Harnsäuremenge gegenüber der aus den Nahrungsvorstufen hervorgehenden zurücktreten kann.

Zu dieser Schwierigkeit kommt die weitere, dass wir, wie schon erwähnt, keine ausreichende Methode zur Bestimmung der Purinbasen in den Nucleinen besitzen, also keine Bilanz aufstellen können.

Nur über die Menge der aus der Salmnucleinsäure durch Säureabspaltung gewonnenen und krystallinisch erhaltenen Basen sind wir durch Schmiedeberg's³⁵⁾ neueste Untersuchungen belehrt. Darnach sind in der Salmnucleinsäure 12,17 Proc. Adenin mit 6,2 g Stickstoff und 12 Proc. Guanin mit 5,56 g Stickstoff enthalten. In Versuch I kamen bei mir 12 g Nucleinsäure zum Umsatz mit 0,74 g Adenin- und 0,67 g Guaninstickstoff. Die Harnsäuremehrausscheidung betrug an diesem und dem folgenden Tage 0,45 g mit 0,15 g Stickstoff, bleibt also bedeutend hinter der Baseneinfuhr zurück. Ein sicherer Schluss ist daraus nicht zu ziehen, da ein Theil der Basen bereits im Darm verändert und in dieser Form resorbirt werden konnte.

β) Abhängigkeit der Harnsäureausscheidung von der Nahrung.

Um weiteres Material zur Prüfung des früher von mir aufgestellten Satzes zu liefern, wonach in der Norm die Harnsäureausscheidung lediglich von der Nahrung abhängig sein sollte, wurde in der ersten Periode von Versuch III und IV, wobei von den beiden Versuchspersonen die gleiche Nahrung genommen wurde und der gesammte Stoffwechsel controlirt wurde, Harnsäure*) bestimmt. Ich selbst genoss ebenfalls 6 Tage lang gleichzeitig dieselbe Nahrung

*) Doppelbestimmungen nach Ludwig-Salkowski.

und bestimmte die Ausgaben. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebniss dieses Selbstversuches.

Versuch VI. TABELLE IX.

Einnahme		Ausgaben						Bilanz	
N	P ₂ O ₅	Harn		Koth p. d.		Summa		N	P ₂ O ₅
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅		
17,72	3,88	13,44	2,81	2,19	0,98	15,63	3,79	+2,09	+0,09
		13,16	2,77			15,35	3,75	+2,37	+0,13
		14,53	2,85			16,72	3,83	+1,00	+0,05
		14,35	3,09			16,53	4,07	+1,19	-0,19
		14,95	3,29			17,14	4,27	+0,58	-0,39
		15,19	2,94			17,38	3,92	-0,34	-0,04
		14,27	2,94			16,46	3,94	+1,26	-0,06

Die Harnsäureausscheidung der 3 Versuchspersonen I (Vers. III), II (Vers. IV), III (Vers. VI) war folgende:

TABELLE X.

Tag	I	II	III
1.	0,630	—	—
2.	0,643	0,599	0,605
3.	0,605	0,649	0,567
4.	0,521	0,722	0,638
5.	0,605	0,737	0,630
6.	0,588	0,636	0,588
Mittel:	0,599	0,668	0,606

Vergleichen wir damit den Gesamtumsatz, so ergibt sich folgende Uebersicht.

TABELLE XI.

Versuchsperson	Ges.-N p. d.	Ges.-P ₂ O ₅ p. d.	Ü p. d.
I	16,33	3,76	0,599
II	17,16	4,83	0,668
III	16,46	3,94	0,606

I und III scheiden bei identischen Stoffwechselverhältnissen identische Harnsäuremengen aus, II bei etwas höherem Umsatz etwas mehr.

Das Ergebniss dieses Versuches schliesst sich den früher¹⁾ gewonnenen gleichsinnig an und lässt keinen Raum für die Annahme individueller Verhältnisse, die in der Norm die Harnsäureausscheidung

dung mitbestimmen sollen.*) Unter Norm verstehe ich, wie aus der früheren Mittheilung ersichtlich ist, Bestehen von Stickstoff- und Phosphorsäuregleichgewicht, wie wir es unter gewöhnlichen Verhältnissen schon aus teleologischen Gründen annehmen müssen. Damit ist zugegeben und ein Einzelfall wurde sogar beschrieben, dass es Fälle giebt, wo die Harnsäureausscheidung als Ausmaass des Nucleinstoffwechsels noch von anderen Factoren als der Nahrung allein beherrscht wird. Sicher ist dies bei der Leukämie der Fall. Es ist aber auch denkbar, dass bei abnormer Drüsensecretion, sei es, dass wir sie durch Gifte hervorrufen, sei es, dass sie, wie die Milchsecretion, eine physiologische Function darstellt, gesteigerter Kernzerfall und damit gesteigerte Harnsäureausscheidung eintritt, ohne dass wir durch die Nahrung Einfluss gewinnen können. Diese Fälle liegen aber ausser der Norm und so wenig uns die vielleicht toxische Eiweisseinschmelzung beim Carcinom³⁶⁾ davon abhält, unter normalen Verhältnissen (Stickstoffgleichgewicht) die alleinige Abhängigkeit der Stickstoffausfuhr von der Stickstoffeinfuhr festzustellen, so wenig zwingen uns die eben beschriebenen Fälle abnormer Nucleïneinschmelzung, von einer Analogie (nicht Parallelismus!) mit dem Gesamteiweissstoffwechsel abzusehen und für die Norm „individuelle Beeinflussung der Harnsäureausscheidung“ anzunehmen.

Auf diese anderwärts¹⁾ nur gestreiften Verhältnisse musste ich hier ausführlicher eingehen, weil in einer jüngst erschienenen Arbeit Burian und Schur³⁴⁾ auf Grund scheinbar abweichender Ergebnisse zu anderer Auffassung gelangt sind, auf Grund deren sie der „individuellen Disposition“ bei der Harnsäureausscheidung einen breiten Raum gewähren zu müssen glauben.

Gleich mir³⁸⁾ nehmen die Autoren an, dass die im Urin ausgeschiedene Harnsäure aus zwei Quellen stammt: aus der Nahrung und aus dem Körper. Während ich aber betone, ja als selbstverständlich hinstelle, dass eine getrennte Bestimmung dieser beiden Componenten ebenso unmöglich ist wie beim ausgeschiedenen Stickstoff, halten Burian und Schur diese Trennung für möglich und machen sie zu einem Hauptgegenstand ihrer Untersuchung.

Die exogene Harnpurinausscheidung stellt nach den Verff. eine innerhalb gewisser Grenzen von der Individualität unabhängige Grösse dar. Sie addirt sich zu der endogenen Ausscheidung. Diese stammt aus Processen, die von der zugeführten Nahrung (innerhalb weiter

*) Zu ähnlichen Anschauungen ist auf Grund eigener und fremder Untersuchungen jüngst auch Göppert⁴³⁾ gelangt.

Grenzen) unabhängig sind und stellt eine für verschiedene Individuen variable, für ein und dasselbe Individuum aber constante Grösse dar.

Sie wird derart bestimmt, dass man einfach genügend lange Zeit bei möglichst purinarmer Kost (Milch etc.) die Alloxurkörperausscheidung eines Individuums beobachtet. Auf die Menge der Nahrung kommt es dabei nicht an, da, wie die Autoren fanden, Steigerung der Nahrung auf doppelte an der Purinausscheidung nichts änderte. Dieser Befund ist um so merkwürdiger, als dieselben Autoren früher³⁹⁾ zeigten, dass Milch das Material für die Purinbildung im Körper liefert; daraus ergibt sich doch wohl, dass sie den Purinumsatz beeinflusst, dessen Indicator die Harnsäure ist. Aber wie dem auch sei, der Versuch zeigt, dass der bei purinfreier Nahrung erhaltene Harnpurinwerth die Menge des aus dem Körper stammenden Purins angiebt. Da er nun durch die Nahrung nicht beeinflusst wird, so bin ich, scheint mir, berechtigt, weiter zu schliessen, dass er einen Hungerwerth darstellt, gleichgiltig ob daneben Stickstoffgleichgewicht besteht oder nicht. Entzieht man aus der Nahrung das Kochsalz, so ist es für die Grösse der Kochsalzausscheidung ganz gleichgiltig, ob man Eiweiss in grosser oder kleiner Menge zuführt.

Und zu diesem „Harnpurinhungerwerth“ soll sich nun das Nahrungspurin beziehungsweise der für seine Ausscheidungsgrösse geltende Faktor addiren! Es wäre dies der erste Fall, dass der Organismus nicht bestrebt wäre, seinen Verlust zu decken. Jedesmal folgt dem Verlust der Ansatz und die ausgeschiedene Menge ist nicht gleich der Summe von Hunger- und Nahrungswerth, sondern kleiner. Der Organismus beschränkt natürlich bei Nahrungszufuhr die Zersetzung des eigenen Bestandes, der endogene Factor wird kleiner.

Aber auf dem Gebiete der Naturvorgänge haben wir nicht das Recht zu schematisiren: der Purinstoffwechsel könnte ja eine Ausnahmestellung einnehmen.

Sicher ist folgendes: wenn der endogene Harnpurinwerth eine von der Nahrung unabhängige, für das Einzelindividuum constante, für verschiedene Individuen variable Grösse darstellt, so ist die von mir auf Grund meiner Versuchsergebnisse vertretene Annahme, dass gleichgenährte Individuen in gleichen Stoffwechselverhältnissen dieselbe Purinmenge eliminiren müssen, falsch.

Sehen wir zunächst, wie es mit der Konstanz der endogenen Harnpurine und ihrer Unabhängigkeit von der Nahrung steht.

Die Autoren äussern sich darüber derart verschieden, dass es

unmöglich ist, sich von ihrer Anschauung hierüber ein klares Bild zu machen.

S. 303 heisst es, dass bei der Bestimmung der endogenen Harnpurine auf N- und Calorigleichgewicht kein besonderer Werth zu legen ist, da die Alloxurkörperaussfuhr von Kostform und Kostausmaass unabhängig ist, wofern keine wesentlichen Mengen von Nahrungspurinen zugeführt werden. Es ist nur dafür zu sorgen, dass die Nahrung das Nahrungsbedürfniss im Ganzen deckt.

Demgegenüber heisst es zwei Zeilen weiter, dass die endogenen Harnpurine bei gleichbleibender Lebensweise einen recht constanten Werth besitzen.

S. 336: scheidet der erwachsene Mensch eine im Grossen und Ganzen constante Menge von endogenen Purinen aus.

S. 339 wird die Einschränkung gemacht, dass bei gewöhnlicher Kost*) die endogene Componente von der Nahrung unabhängig ist.

S. 341 heisst es wörtlich: „Dieser Einfluss der Individualität kann, da die endogene Harnpurinmenge von der Nahrung absolut unabhängig*) ist und selbst bei grossen Schwankungen der Kost constant bleibt, nicht etwa“

auf der nächsten Seite oben: „. . . aus einer endogenen Componente, welche von der Nahrung recht unabhängig ist“

„. . . , dass die endogenen Harnpurine im Grossen und Ganzen*) constant und innerhalb weiter Grenzen von der Nahrung unabhängig“

„Alles, was die Gesamtzersetzung, den Calorienumsatz erhöht resp. herabsetzt, all das steigert resp. vermindert auch die Menge der endogenen Harnpurine.

Auch die Unabhängigkeit der e. H. von der Nahrung hat deshalb gewisse, — freilich sehr weit abzusteckende Grenzen.“ Giebt man eine sehr abundante Nahrung, so steigt die e. H., um bei unzureichender Kost zu fallen u. s. w. „Innerhalb dieser durch Ernährungsanomalien gegebenen Grenzen besteht allerdings volle Unabhängigkeit der e. H. von Kostausmaass und Kostform.“*)

Aus diesen zum Theil widerspruchsvollen und vielfach eingeschränkten Behauptungen scheint mir das Eine mit Sicherheit hervorzugehen, dass nämlich auch die endogenen Harnpurine der Verfasser von der Nahrung abhängig sind.

*) Im Text nicht gesperrt gedruckt.

Hält man hiermit zusammen, dass auch die exogenen Harnpurine nur „innerhalb gewisser Grenzen“ constant sind und dass die Berechnung und Bestimmung „nur ungefähre Werthe“ liefert, so wird man die von den Verfassern gefundene grösste Differenz zwischen verschiedenen Individuen von 0,1 g Harnpurinstickstoff zu gering finden, um daraus auf die Existenz individueller Unterschiede zu schliessen. Dagegen sprechen die von den Verfassern angeführten Versuche über die Gleichheit der $\bar{U}$ -Ausscheidung bei verschiedenen Personen im Hunger sehr zu Gunsten der von mir vertretenen Anschauung, dass verschiedene Menschen in gleichen Stoffwechselverhältnissen die gleiche Harnsäuremenge ausscheiden.

Bis deshalb der Nachweis erbracht ist, dass verschiedene, qualitativ und quantitativ gleichgenährte Menschen unter gleichen Stoffwechselverhältnissen und in längerer Reihe beobachtet merklich ungleiche Harnsäuremengen ausscheiden, solange muss ich den Satz aufrecht erhalten, dass in der Norm die Harnsäureausscheidung lediglich von der Nahrung bestimmt wird.

c. Sonstige Endproducte.

In Versuch I liess das starke Zurückbleiben der P_2O_5 -Ausfuhr gegenüber der Einfuhr daran denken, ob nicht ein Theil der P_2O_5 an den Nucleintagen in organischer Bindung austrete und sich so der Urantitration entziehe. Ich habe deshalb am 4. Tag (Salm-nuclein) und am 12. Tag (Hefenuclein) nach Verbrennung mit H_2SO_4 im Harn die Phosphate durch Wägung bestimmt. Am 4. Tag wurden 0,06 g P_2O_5 , am 12. 0,078 g P_2O_5 mehr ermittelt als durch Titration. Diese Werthe liegen in der Nähe der von Oertel⁴⁰⁾ und Keller⁴¹⁾ bei gewöhnlicher Kost ermittelten. Es ist also ein nennenswerther Theil der P_2O_5 der Nucleine nicht in organischer Bindung ausgetreten, was mit dem Ergebniss Gumlich's⁴²⁾ nach Nucleinsäurefütterung beim Hunde in Einklang steht.

V. Ergebnisse.

1. Die Nahrungsnucleine werden im Darm zum Theil gespalten; die Phosphorsäure des gespaltenen Antheils geht in die Fäces, der stickstoffhaltige Antheil wird resorbirt. Der nicht gespaltenen grössere Antheil wird in toto resorbirt, wobei die Phosphorsäure in organischer Bindung bleibt.

2. Es ist möglich, durch Nucleinfütterung im Körper Stickstoff und Phosphorsäure in dem Verhältniss zum

Ansatz zu bringen, in dem diese Stoffe im eingeführten Nuclein vorhanden sind.

3. Nucleinzulagen verbessern unter Umständen den Stickstoff-, mitunter auch den Phosphorsäureansatz.

4. Ausser Harnsäure treten andere specifische, N- oder P-haltige Endproducte des Nucleinumsatzes im menschlichen Harn in erkennbarer Menge nicht auf.

5. Zufuhr von Guanin, das an Nuclein gebunden ist, führt zu beträchtlicher Harnsäurevermehrung.

6. Die Harnsäureausscheidung ist in der Norm allein von der Nahrung abhängig.

VI. Litteraturverzeichniss.

1. Loewi, Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmacol. Bd. XLIV. S. 1. 1900.
2. Derselbe, Sitzber. d. Gesellsch. z. Bef. d. ges. Naturw. Marburg. Nr. 7. 1900.
3. Miescher, Histochem. und physiol. Arbeiten Bd. II. S. 116. 1897.
4. Kossel, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. X. S. 248. 1886.
5. Burian und Schur, Ebenda Bd. XXIII. S. 55. 1897.
6. Schmiedeberg, Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmacol. Bd. XLIII. S. 57. 1899.
7. His und Hagen, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. XXX. Heft 3. 1900.
8. Gumlich, Ebenda Bd. XVIII. S. 508. 1894.
9. Röhmman, s. Marcuse, Pflüger's Archiv Bd. LXVII. S. 373. 1897.
10. Miescher, loc. cit. Bd. I. S. 102. 1897.
11. v. Noorden, Lehrb. der Pathol. des Stoffwechsels. S. 120. 1893.
12. Bornstein, Verhandln. des Congresses f. inn. Med. S. 349. 1900.
13. Hammarsten, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. XIX. S. 19. 1894.
14. Miescher, loc. cit. Bd. II. S. 55. 1897.
15. Neubauer, Diss. inaug. Rostock 1893.
16. Röhmman, Arbeiten seiner Schüler.
17. Fresenius, Anleitung zur quantit. Analyse. 1875.
18. Bokay, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. I. S. 157. 1877.
19. Gumlich, Ebenda Bd. XVIII. S. 508. 1894.
20. Popoff, Ebenda Bd. XVIII. S. 533. 1894.
21. Friedrich Müller, Zeitschr. f. Biol. Bd. XX. S. 327. 1884.
22. Bergmann, noch nicht publicirt.
23. Kossel, Verhandln. der physiol. Gesellsch. Berlin, December 1893.
24. Danilewsky, Comptes rendus de l'académie des sciences. 1895. 1896.
25. Marcuse, Pflüger's Archiv Bd. LXVII. S. 373. 1897.
26. Caspari, Zeitschr. f. physik. und diät. Therapie Bd. III. Heft 5. S. 1. 1899.
27. Cronheim und Müller, Jahrb. f. Kinderheilk. Bd. II. Heft 3. S. 360. 1900.
28. Keller, Archiv f. Kinderheilk. Bd. XXIX. S.-A. S. 54. 1900.
29. Milroy und Malcolm, Journal of physiol. Bd. XXIII. S. 127. 1898.
30. Neumann, Verhandl. der physiol. Gesellsch. Berlin. Nr. 11. 12. 13. 1898.
31. Burian und Schur, Pflüger's Archiv Bd. LXXX. S. 241. 1900.

32. Hopkins and Hope, Journ. of physiol. Vol. XXIII. 1898.
33. Weintraud, Verhandlg. des Congr. f. inn. Med. S. 232. 1900.
34. Burian und Schur, loc. cit.
35. Schmiedeberg, Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. XLIII. S. 57. 1899.
36. Friedrich Müller, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. XVI. S. 496. 1890.
37. Burian und Schur, loc. cit.
38. Loewi, Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. XLIV. S. 1. 1900.
39. Burian und Schur, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. XXIII. S. 55. 1897.
40. Oertel, Ebenda Bd. XXVI. S. 123. 1898.
41. Keller, Ebenda Bd. XXIX. S. 146. 1900.
42. Gumlich, Ebenda loc. cit.
43. Göppert, Jahrb. f. Kinderheilk. Bd. LI. S. 334. 1900.

VII. Anhang.

Analytische Belege.

Versuch I: Nahrung.

1. Weissbrot: Aus einer für den Versuch bereiteten Mehlmischung wird der Teig täglich gleichmässig hergestellt und gewogen. Die einzelnen Brote haben im Durchschnitt ein Trockengewicht von 47,2—48 g. Zur Analyse werden 6 Brote von verschiedenen Tagen getrocknet und pulverisirt.

- a) $1,3230 \text{ g} = 0,02884 \text{ g N} = 2,18\%$ }
 b) $0,6766 \text{ „} = 0,01428 \text{ „ N} = 2,11 \text{ „}$ } $2,14\% \text{ N}$
 a) $10,2148 \text{ g} = 0,0525 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,0326 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 0,328\%$ } $0,327\%$
 b) $10,2148 \text{ „} = 0,0519 \text{ „} = 0,0332 \text{ „} = 0,325 \text{ „}$ } P_2O_5

2. Fleisch: Magere Rindsleude von sichtbarem Fett befreit, sofort in die Tagesportionen zerlegt.

Tag 1—14:

- a) $2,1590 \text{ g} = 0,07056 \text{ g N} = 3,27\%$ }
 b) $2,779 \text{ „} = 0,09002 \text{ „ N} = 3,24 \text{ „}$ } $3,255\% \text{ N}$

Tag 15—17: Hackfleisch

- a) $2,756 \text{ g} = 0,098 \text{ g N} = 3,55\%$ }
 b) $2,427 \text{ „} = 0,0832 \text{ „ N} = 3,43 \text{ „}$ } $3,49\% \text{ N}$
 a) $8,856 \text{ g} = 0,1045 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,06688 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 0,755\%$ } $0,782\%$
 b) $8,856 \text{ „} = 0,1120 \text{ „} = 0,07168 \text{ „} = 0,809 \text{ „}$ } P_2O_5

3. Kaffee: Von der gleichen Sorte wurde täglich die gleiche, gewogene Menge 5 Minuten lang mit 700 ccm siedendem Wasser ausgezogen.

- a) $25 \text{ ccm} = 0,01176 \text{ g N} = 0,047\%$ }
 b) $25 \text{ „} = 0,01176 \text{ „ N} = 0,047\%$ } $0,047\% \text{ N}$
 a) $25 \text{ ccm} = 0,0108 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,006912 \text{ g P}_2\text{O}_5$ }
 b) $25 \text{ „} = 0,0108 \text{ „} = 0,006912 \text{ „}$ } $0,0276\% \text{ P}_2\text{O}_5$

4. Dortmunder Exportbier:

- a) $25 \text{ ccm} = 0,0199 \text{ g N} = 0,0796\%$ }
 b) $25 \text{ „} = 0,0193 \text{ „ N} = 0,0773 \text{ „}$ } $0,078\% \text{ N}$

- a) 100 ccm = 0,118 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,0755 g P_2O_5 }
 b) 100 " = 0,122 " " = 0,0779 " " } 0,0767⁰/₀ P_2O_5

5. Wein: Moselwein.

- a) 50 ccm = 0,01176 g N }
 b) 50 " = 0,01176 " N } 0,0235⁰/₀ N
 a) 100 ccm = 0,0304 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,0195 g P_2O_5 }
 b) 100 " = 0,0260 " " = 0,0167 " " } 0,0181⁰/₀ P_2O_5

6. Sahne: süsse aus derselben Molkerei.

- a) 50 ccm = 0,2128 g N }
 b) 50 " = 0,2128 " N } 0,4256⁰/₀ N
 a) 25 ccm = 0,142 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,0906 g P_2O_5 = 0,3625⁰/₀ } 0,3756⁰/₀
 b) 25 " = 0,152 " " = 0,0972 " " = 0,3886 " } P_2O_5

7. Ei: Es wurden annähernd gleich schwere Exemplare täglich heraus-
 gesucht, die Schalen zurückgewogen.

Ei, 47 g schwer:

- in a) $\frac{1}{10}$ = 0,437⁰/₀ P_2O_5 }
 in b) $\frac{1}{10}$ = 0,453 " " } 0,445⁰/₀ P_2O_5

Der Stickstoffgehalt der Eier wurde zu 2,19⁰/₀ angenommen.

8. Butter: Der Stickstoffgehalt wurde zu 0,1⁰/₀ angenommen, bei
 der P_2O_5 -Bestimmung erhielt ich kaum wägbare Spuren, die ich ver-
 nachlässigte.

Koth:

Per. I. 137 g trocken.

- a) 0,736 g = 0,0523 g N = 7,11⁰/₀ }
 b) 0,5322 " = 0,0384 " N = 7,20 " } 7,15⁰/₀ N
 a) 6,3998 g = 0,3428 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,2194 g P_2O_5 = 3,43⁰/₀ } 3,44⁰/₀
 b) 4,5079 " = 0,2362 " " = 0,15117 " " = 3,46 " } P_2O_5

Per. II. 23 g trocken.

- a) 1,104 g = 0,07728 g N = 7,0⁰/₀ }
 b) 0,934 " = 0,06636 " N = 7,1 " } 7,05⁰/₀ N
 a) 3,058 g = 0,2895 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,1853 g P_2O_5 = 6,06⁰/₀ } 6,08⁰/₀
 b) 2,411 " = 0,2264 " " = 0,1449 " " = 6,10 " } P_2O_5

Per. III. 66 g trocken.

- a) 0,9558 g = 0,06524 g N = 6,82⁰/₀ }
 b) 0,6845 " = 0,04704 " N = 6,87⁰/₀ } 6,85⁰/₀ N
 a) 5,5988 g = 0,2883 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,18451 g P_2O_5 = 3,29⁰/₀ } 3,27⁰/₀
 b) 5,5988 " = 0,2838 " " = 0,18163 " " = 3,24 " } P_2O_5

Per. IV. 36 g trocken.

- a) 0,9950 g = 0,07112 g N = 7,15⁰/₀ }
 b) 0,8286 " = 0,05880 " N = 7,10 " } 7,12⁰/₀ N

- a) $3,2025 \text{ g} = 0,267 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,17088 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 5,340\%$ } $5,180\%$
 b) $3,2025 \text{ g} = 0,2517 \text{ g} \quad \quad = 0,16109 \text{ g} \quad \quad = 5,03 \text{ g}$ } P_2O_5

Per. V. 64 g trocken.

- a) $0,730 \text{ g} = 0,0504 \text{ g N} = 6,900\%$ }
 b) $1,010 \text{ g} = 0,07056 \text{ g N} = 6,98 \text{ g}$ } $6,940\% \text{ N}$
 a) $2,149 \text{ g} = 0,1110 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,07104 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 3,300\%$ } $3,305\%$
 b) $2,149 \text{ g} = 0,1113 \text{ g} \quad \quad = 0,07123 \text{ g} \quad \quad = 3,31 \text{ g}$ } P_2O_5

Per. VI. 24 g trocken.

- a) $0,740 \text{ g} = 0,0518 \text{ g N} = 7,000\%$ }
 b) $1,054 \text{ g} = 0,0742 \text{ g N} = 7,04 \text{ g}$ } $7,020\% \text{ N}$
 a) $2,934 \text{ g} = 0,198 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,1267 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 4,290\%$ }
 b) $2,934 \text{ g} = 0,2028 \text{ g} \quad \quad = 0,1297 \text{ g} \quad \quad = 4,40 \text{ g}$ } $4,350\% \text{ P}_2\text{O}_5$

Per. VII. 81 g trocken.

- a) $0,841 \text{ g} = 0,05824 \text{ g N} = 6,920\%$ }
 b) $1,0425 \text{ g} = 0,0714 \text{ g N} = 6,85 \text{ g}$ } $6,880\% \text{ N}$
 a) $3,3896 \text{ g} = 0,1830 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,11712 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 3,450\%$ } $3,420\%$
 b) $2,4670 \text{ g} = 0,1308 \text{ g} \quad \quad = 0,08379 \text{ g} \quad \quad = 3,390\%$ } P_2O_5

Per. VIII. 24 g trocken.

- a) $1,2685 \text{ g} = 0,09184 \text{ g N} = 7,240\%$ }
 b) $0,642 \text{ g} = 0,04676 \text{ g N} = 7,28 \text{ g}$ } $7,260\% \text{ N}$
 a) $3,8166 \text{ g} = 0,4440 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,2842 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 7,450\%$ } $7,340\%$
 b) $4,2822 \text{ g} = 0,484 \text{ g} \quad \quad = 0,30976 \text{ g} \quad \quad = 7,23 \text{ g}$ } P_2O_5

Per. IX.

- a) $0,732 \text{ g} = 0,05824 \text{ g N} = 7,320\%$ }
 b) $0,299 \text{ g} = 0,02216 \text{ g N} = 7,39 \text{ g}$ } $7,350\% \text{ N}$
 a) $2,3655 \text{ g} = 0,1628 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,1041 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 4,410\%$ } $4,530\%$
 b) $3,390 \text{ g} = 0,2463 \text{ g} \quad \quad = 0,15763 \text{ g} \quad \quad = 4,65 \text{ g}$ } P_2O_5

Versuch III. IV. VI.

Nahrung: (s. o.)

1. Fleisch:

- I. a) $1,830 \text{ g} = 0,056 \text{ g N} = 3,060\%$ }
 b) $1,227 \text{ g} = 0,0386 \text{ g N} = 3,16 \text{ g}$ } $3,110\% \text{ N}$
 II. $3,876 \text{ g} = 0,1165 \text{ g N} = 3,16 \text{ g}$
 a) $14,775 \text{ g} = 0,0984 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,6297 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 0,4270\%$ } $0,4320\%$
 b) $13,449 \text{ g} = 0,9916 \text{ g} \quad \quad = 0,58644 \text{ g} \quad \quad = 0,436 \text{ g}$ } P_2O_5

2. Brot:

- a) $5,3044 \text{ g} = 0,11452 \text{ g N} = 2,160\%$ }
 b) $0,9372 \text{ g} = 0,0190 \text{ g N} = 2,14 \text{ g}$ } $2,150\% \text{ N}$

3. Kaffee:

- a) $50 \text{ ccm} = 0,0182 \text{ g N} = 0,03640\%$ }
 b) $50 \text{ g} = 0,0188 \text{ g N} = 0,0375 \text{ g}$ } $0,0370\% \text{ N}$

- a) 50 ccm = 0,0195 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,01248 g P_2O_5 = 0,025⁰/₀ } 0,024⁰/₀
 b) 50 " = 0,0180 " " = 0,01152 " " = 0,023 " } P_2O_5

4. Bier:

- a) 50 ccm = 0,0386 g N }
 b) 50 " = 0,0386 " N } 0,0772⁰/₀ N
 (a) 100 ccm = 0,118 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,0755 g P_2O_5 }
 (b) 100 " = 0,122 " " = 0,0779 " " } 0,0767⁰/₀ P_2O_5)

5. Wein.
 (a) 50 ccm = 0,01176 g N }
 (b) 50 " = 0,01176 " N } 0,0235⁰/₀ N
 (a) 100 " = 0,0304 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,0195 g P_2O_5 }
 (b) 100 " = 0,0260 " " = 0,0167 " " } 0,018⁰/₀ P_2O_5)

Vers. III. Hefepräparat:

- a) 0,6112 g = 0,07308 g N = 11,95⁰/₀ }
 b) 0,4024 " = 0,04844 " N = 12,04 " } 12,0⁰/₀ N
 a) 2,1058 g = 0,0135 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,00864 g P_2O_5 = 0,41⁰/₀ } 0,407⁰/₀
 b) 2,9420 " = 0,0185 " " = 0,01184 " " = 0,403 " } P_2O_5

Vers. IV. Nutrose:

- a) 0,5579 g = 0,070 g = 12,54⁰/₀ }
 b) 0,3013 " = 0,0375 " = 12,45 " } 12,50⁰/₀ N
 a) 5,2401 g = 0,1375 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,088 g P_2O_5 = 1,68⁰/₀ } 1,66⁰/₀
 b) 5,2401 " = 0,1348 " " = 0,0862 " " = 1,64 " } P_2O_5

Vers. III. Koth.

Per. I. 131 g trocken.

- a) 0,9818 g = 0,06169 g N = 6,28⁰/₀ }
 b) 0,9102 " = 0,05768 " N = 6,33 " } 6,3⁰/₀ N
 a) 5,1331 g = 0,3775 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,2416 g P_2O_5 = 4,707⁰/₀ } 4,72⁰/₀
 b) 5,1331 " = 0,3805 " " = 0,2435 " " = 4,74 " } P_2O_5

Per. II. 67 g trocken.

- a) 0,9139 g = 0,06608 g N = 7,0⁰/₀ }
 b) 0,9503 " = 0,0672 " N = 7,23 " } 7,12⁰/₀ N
 a) 5,1971 g = 0,364 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,2330 g P_2O_5 = 4,48⁰/₀ }
 b) 5,1971 " = 0,3500 " " = 0,2240 " " = 4,31 " } 4,4⁰/₀ P_2O_5

Per. III. 82 g trocken.

- a) 0,9442 g = 0,05824 g N = 6,17⁰/₀ }
 b) 0,9297 " = 0,0574 " N = 6,17 " } 6,17⁰/₀ N
 a) 5,1210 g = 0,2655 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ = 0,16992 g P_2O_5 = 3,31⁰/₀ } 3,325⁰/₀
 b) 5,1210 " = 0,2675 " " = 0,1713 " " = 3,34 " } P_2O_5

Vers. IV. Koth.

Per. I. 173,3 g trocken.

$$\begin{array}{l} \text{a) } 0,583 \text{ g} = 0,04074 \text{ g N} = 6,990\% \\ \text{b) } 1,0115 \text{ g} = 0,07196 \text{ g N} = 7,11\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 0,583 \text{ g} \\ \text{b) } 1,0115 \text{ g} \end{array}} \right\} 7,050\% \text{ N}$$

$$\begin{array}{l} \text{a) } 5,0306 \text{ g} = 0,45 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,288 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 5,720\% \\ \text{b) } 5,0306 \text{ g} = 0,42 \text{ g} \quad \quad \quad = 0,275 \text{ g} \quad \quad \quad = 5,46\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 5,0306 \text{ g} \\ \text{b) } 5,0306 \text{ g} \end{array}} \right\} 5,590\% \text{ P}_2\text{O}_5$$

Per. II. 120,7 g trocken.

$$\begin{array}{l} \text{a) } 0,91 \text{ g} = 0,05978 \text{ g N} = 6,570\% \\ \text{b) } 0,876 \text{ g} = 0,05908 \text{ g N} = 6,74\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 0,91 \text{ g} \\ \text{b) } 0,876 \text{ g} \end{array}} \right\} 6,660\% \text{ N}$$

$$\begin{array}{l} \text{a) } 4,835 \text{ g} = 0,40 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,256 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 5,290\% \\ \text{b) } 4,835 \text{ g} = 0,406 \text{ g} \quad \quad \quad = 0,2598 \text{ g} \quad \quad \quad = 5,37\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 4,835 \text{ g} \\ \text{b) } 4,835 \text{ g} \end{array}} \right\} 5,330\% \text{ P}_2\text{O}_5$$

Per. III. 124,2 g trocken.

$$\begin{array}{l} \text{a) } 0,946 \text{ g} = 0,0656 \text{ g N} = 6,930\% \\ \text{b) } 1,089 \text{ g} = 0,07588 \text{ g N} = 6,97\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 0,946 \text{ g} \\ \text{b) } 1,089 \text{ g} \end{array}} \right\} 6,950\% \text{ N}$$

$$\begin{array}{l} \text{a) } 5,1342 \text{ g} = 0,392 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,2509 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 4,860\% \\ \text{b) } 5,1342 \text{ g} = 0,3799 \text{ g} \quad \quad \quad = 0,2426 \text{ g} \quad \quad \quad = 4,72\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 5,1342 \text{ g} \\ \text{b) } 5,1342 \text{ g} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} 4,790\% \\ \text{P}_2\text{O}_5 \end{array}$$

Vers. VI. Koth: 90,7 g trocken.

$$\begin{array}{l} \text{a) } 0,9456 \text{ g} = 0,0616 \text{ g N} = 6,510\% \\ \text{b) } 0,9908 \text{ g} = 0,06384 \text{ g N} = 6,45\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 0,9456 \text{ g} \\ \text{b) } 0,9908 \text{ g} \end{array}} \right\} 6,480\% \text{ N}$$

$$\begin{array}{l} \text{a) } 2,6196 \text{ g} = 0,1195 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,07648 \text{ g P}_2\text{O}_5 = 2,920\% \\ \text{b) } 3,2658 \text{ g} = 0,1525 \text{ g} \quad \quad \quad = 0,0976 \text{ g} \quad \quad \quad = 2,95\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{a) } 2,6196 \text{ g} \\ \text{b) } 3,2658 \text{ g} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} 2,940\% \\ \text{P}_2\text{O}_5 \end{array}$$