

Ueber die
Bedeutung des Kochsalzes
und das
Verhalten der Kalisalze
im
menschlichen Organismus.

Eine

mit Bewilligung der hochverordneten physiko-mathematischen Facultät
der Kaiserlichen Universität zu Dorpat

zur Erlangung der Würde eines

Magisters der Chemie

verfasste und zur öffentlichen Vertheidigung bestimmte

Abhandlung

von

G. Bunge.

Ordentliche Opponenten:

Prof. Dr. C. Schmidt. — Prof. Dr. Al. Schmidt. — Dr. L. Senff.

Dorpat.

Druck von C. Mattiesen,

1873.



Gedruckt mit Genehmigung der physico-mathematischen Fakultät der
Universität Dorpat.

Dorpat, den 24. Mai 1873.

N^o 33.

Dr. C. Grewingk, d. Z. Decan.

Meinem Vater

Prof. Dr. Alexander von Bunge

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

D 427 65

Dass das Kochsalz zu den unentbehrlichen Nahrungsstoffen des Menschen gehört, ist nie bezweifelt worden. Unentschieden ist nur die Frage, ob das in den organischen Nahrungsmitteln aufgenommene Kochsalz zur Erhaltung der normalen Chlor- und Natronmenge im Organismus ausreicht, oder ob wir darauf angewiesen sind, aus dem anorganischen Reiche Kochsalz zu unserer Nahrung hinzuzufügen. Bei der Beantwortung dieser Frage scheint mir bisher die Thatsache zu wenig Berücksichtigung gefunden zu haben, dass unter den Thieren bloss die Pflanzenfresser ein Bedürfniss nach Kochsalz zeigen, nicht die Fleischfresser. Unsere carnivoren Haussäugethiere, der Hund und die Katze ziehen ungesalzene Nahrungsmittel den gesalzenen vor und legen gegen stark gesalzene Speisen entschiedenen Widerwillen an den Tag, während die herbivoren Hausthiere bekanntlich sehr begierig nach Kochsalz sind. Es soll sogar Gegenden geben, wo man dem Vieh Salz reichen muss, um es am Leben zu erhalten.¹⁾ Derselbe Unterschied in dem Verhalten der Fleisch- und Pflanzenfresser wird auch an wildlebenden Thieren beobachtet. Von Hirschen, Rehen, Gemsen und anderen Pflanzenfressern ist es bekannt, dass sie salzhaltige Pfützen und Felsen aufsuchen, um das Salz zu lecken, und dass Jäger ihnen an solchen Orten auflauern oder Kochsalz ausstellen, um sie anzulocken. Im Altai finden sich Orte, wo das Wild im salzhaltigen, weichen Thonschiefer ganze Grotten ausgeleckt hat.¹⁾ An Raubthieren ist etwas derartiges nie beobachtet worden.

1) Liebig, Chemische Briefe, 1865, p. 311.

Dieser Unterschied ist um so auffallender, als die in den organischen Nahrungsmitteln aufgenommenen Kochsalzmengen beim Pflanzenfresser keineswegs geringer sind, als beim Fleischfresser. Vergleichen wir die Nahrung beider in Bezug auf ihren Gehalt an Aschenbestandtheilen, und reduciren wir das zur Erhaltung des Körpergewichtes erforderliche tägliche Nahrungsquantum auf die Einheit des Körpergewichtes, so finden wir, dass die tägliche Natron- und Chlormenge für 1 Kilogramm Pflanzenfresser im Durchschnitt dieselbe ist, wie für 1 Kgr. Fleischfresser. Ein auffallender Unterschied stellt sich dagegen in Bezug auf einen anderen Aschenbestandtheil heraus. Es ist das Kali, von welchem der Pflanzenfresser in seiner täglichen Nahrung wenigstens doppelt so viel aufnimmt als der Fleischfresser. Zur Veranschaulichung dieser Thatsache diene folgende Zusammenstellung.

Nach Bidder und Schmidt ²⁾ braucht eine 3.2 Kgr. schwere Katze zur Erhaltung ihres Körpergewichtes täglich 140 Grmm. Fleisch. Auf 1 Kilogr. Katze kommen somit 43.57 Grmm. Fleisch. Damit stimmt auch die Angabe Pettenkofer's und Voit's ³⁾ überein, nach welcher ein Hund von 33 Kgr. 1500 Grmm. Fleisch täglich — somit 44.45 Grmm. auf jeden Kgr. — zur Erhaltung seines Gewichtes bedarf. Zu demselben Resultate kamen ferner Bischoff und Voit, ⁴⁾ welche fanden, dass die zur Erhaltung des Körpergewichtes erforderliche Fleischmenge bei Hunden je nach dem Ernährungszustande des Thieres $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ des Körpergewichtes also 40 bis 50 Grmm. auf jeden Kgr. beträgt. Den Gehalt des Fleisches an KO, NaO und Cl habe ich bei Gelegenheit des weiter unten mitgetheilten Versuches I bestimmt. Bei demselben kam es nicht darauf an, reines Muskelfleisch zu verwenden, sondern es wurde eine grosse Quantität (8 Kgr.) Rindfleisch nebst Fett, Bindegewebe, Blutgefässen etc. fein zerhackt und gleichmässig durch-

gemischt. Von diesem Gemische wurden ca. 100 Grmm. zur Alkali- und ebensoviel zur Chlorbestimmung genommen. Ich fand im Mittel aus zwei gut übereinstimmenden Analysen 0.4160% KO, 0.0810% NaO und 0.0710% Cl. Daraus berechnet sich, dass eine Katze von 3.2 Kgr. in ihrer täglichen Fleischnahrung aufnimmt:

0.5824 KO. 0.1135 NaO. 0.0993 Cl.

Auf 1 Kgr. Katze kommen:

0.1820 KO. 0.0355 NaO. 0.0310 Cl.

Das Fleisch geschlachteter Thiere bildet indessen nicht die normale Nahrung der Fleischfresser. Dieselben verzehren meist ganze Thiere mit Hinterlassung unerheblicher Reste. Ich musste daher den Kali-Natron- und Chlorgehalt in einem Gesamtorganismus bestimmen und wählte dazu die Maus. Mehrere dieser Thiere wurden eingefangen und 24 Stunden ohne Nahrung gelassen, um dem Organismus Zeit zu geben, einen in der letzten Nahrung etwa aufgenommenen Ueberschuss an Alkalisalzen auszuschleiden und den Normalgehalt an den fraglichen Stoffen herzustellen. Darauf wurden die Thiere mit Aether getödtet und sofort gewogen.

Zur Alkalibestimmung wurden 3 Mäuse, welche zusammen ein Körpergewicht von 32.3835 Grmm. hatten, in einer Platinschale zerstückelt und bei beginnender Rothgluth verkohlt. Die Kohle wurde längere Zeit mit verdünnter Salzsäure digerirt, um auch die von Knochenerde eingeschlossenen Alkalien in Lösung zu bringen. Darauf wurde die Lösung eingedampft, die Kohle fein zerrieben, mit Wasser digerirt, die Lösung mit Ammoniak übersättigt, filtrirt und der aus phosphorsauren alkalischen Erden und Kohle bestehende Niederschlag ausgewaschen. Das Filtrat wurde in einer Platinschale eingedampft und die Ammoniaksalze durch vorsichtiges Erhitzen bis zu beginnender Rothgluth vertrieben. Der Rückstand wurde mit Wasser aufgenommen, die noch übrige Phosphorsäure und die Schwefelsäure durch Barytwasser, der überschüssige Baryt durch Kohlensäure gefällt, filtrirt, das Filtrat eingedampft, mit wenig Wasser aufgenommen, die Lösung von dem ausgeschiedenen BaO, CO₂ durch Auswaschen auf einem kleinen Filter getrennt, das Filtrat

1) Ledebour's Reise durch das Altai-Gebirge. Berlin. 1830. Th. 2. p. 44.

2) Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau u. Leipzig. 1852. p. 333.

3) Annal. der Chem. u. Pharm. Suppl. II. p. 361.

4) Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers, 1860. p. 245.

in einer kleinen Platinschale mit Salzsäure eingedampft, die Chloralkalien schwach geglüht, gewogen und durch Platinchlorid getrennt. Ich erhielt auf diese Weise:

0.2730 KCl + NaCl; daraus 0.5298 KCl, Pt Cl₂

daraus berechnet sich für den Organismus der Maus ein Gehalt von:

3.153 pro Mille KO

1.824 pro Mille NaO.

Bei einer zweiten Bestimmung gaben 3 Mäuse, welche zusammen 31.9995 Grmm. wogen

0.2675 KCl + NaCl; daraus 0.5652 KCl, Pt Cl₂

daraus berechnet:

3.404 pro Mille KO

1.574 pro Mille NaO.

Zur Bestimmung des Chlors ¹⁾ wurden 2 Mäuse, welche zusammen 24.6022 Grmm. wogen, fein zerstückelt und längere Zeit mit einer Lösung vollkommen chlorfreien kohlensauren Natrons digerirt, eingedampft und bei beginnender Rothgluth verkohlt. Die Kohle wurde längere Zeit in der Kälte mit verdünnter Salpetersäure behandelt, die Lösung durch ein Filter gegossen, der Rückstand fein zerrieben, nochmals längere Zeit mit NO₅ behandelt, filtrirt und ausgewaschen. Im Filtrat wurde das Cl in der gewöhnlichen Weise durch Silberlösung gefällt etc. Ich erhielt auf diese Weise

0.1410 AgCl; daraus berechnet

1.417 pr. M. Cl

1) Die Alkalien und das Chlor können in organischen Stoffen, welche eine saure Asche liefern, nicht gut in derselben Portion bestimmt werden, weil beim Einäschern ohne Zusatz einer Basis bekanntlich Chlor ausgetrieben wird, und beim Einäschern mit alkalischen Erden — wie ich mich durch vielfache Versuche überzeugt habe — gleichfalls ein bedeutender Theil des Cl entweicht. Die einzige Methode, das Chlor und die Alkalien in derselben Portion zu bestimmen, wäre somit die, dass man den Stoff mit einer gewogenen Quantität Alkali einäschert. Diese Methode hätte aber den Nachtheil, dass die Bestimmung der Alkalien ungenauer ausfiele und eine sehr grosse Menge Platinchlorid verbraucht würde.

Bei einer zweiten Bestimmung gaben 2 Mäuse (zusammen 28.7800 Grmm.)

0.1819 AgCl; daraus berechnet

1.563 pr. M. Cl

Im Mittel aus beiden Bestimmungen enthält somit der Organismus der Maus

3.278 pr. M. KO

1.699 pr. M. NaO

1.490 pr. M. Cl

Nehmen wir nun an, dass die 3.2 Kgr. schwere Katze statt der 140 Grmm. Fleisch täglich 140 Grmm. Mäuse verzehrt, so nimmt sie damit auf:

0.4589 KO, 0.2379 NaO, 0.2086 Cl

Auf 1 Kgr. Katze kommen:

0.1434 KO, 0.0743 NaO, 0.0652 Cl

Henneberg und Stohmann ¹⁾ fanden bei ihren Versuchen, dass ein 502.5 Kgr. wiegender Ochs zur Erhaltung dieses Gewichtes einer täglichen Futtermenge von 10 Kgr. Kleeheu (81.80% Trockensubstanz) bedurfte. Ein zweiter Ochs, dessen Körpergewicht 575.5 Kgr. betrug, brauchte täglich 27.5 Kgr. Runkelrüben (10.71% Trockensubstanz) und 7.5 Kgr. Haferstroh (84.33% Trockensubstanz). Nach E. Wolff ²⁾ enthält der Klee auf 1000 Theile Trockensubstanz im Mittel aus 98 Analysen 21.96 Th. KO, 1.39 NaO und 2.66 Cl. Im Haferstroh sind enthalten auf 1000 Th. Trockensubstanz im Mittel aus 9 Analysen 10.40 KO, 1.36 NaO und 2.97 Cl, in der Futterrunkel im Mittel aus 15 Analysen 34.79 KO, 10.24 NaO und 5.41 Cl. Daraus berechnet sich, dass der mit Klee (81.80 Grmm. Trockensubstanz) gefütterte Ochs täglich aufnahm:

179.63 KO. 11.37 NaO. 21.76 Cl.

auf 1 Kgr. Ochs kommen:

0.3575 KO. 0.0226 NaO. 0.0433 Cl.

1) Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. Braunschweig. 1860. p. 32—41.

2) „Aschenanalysen“. Berlin. 1871. p. 167. 169 u. 170.

Der mit Runkelrüben und Haferstroh gefütterte Ochs erhielt täglich in den Rüben (2945.25 Trockens.) 102.46 KO. 30.16 NaO. 15.93 Cl. im Haferstroh (6324.75 Trockens.) 65.77 KO. 8.60 NaO. 18.79 Cl.

Summa: 168.23 KO. 38.76 NaO. 34.72 Cl.

Auf 1 Kgr. Körpergewicht kommen:

0.2923 KO. 0.0674 NaO. 0.0603 Cl.

Zum Vergleich mit den in Henneberg und Stohmann's Versuchen angewandten Futterstoffen führe ich aus Wolff's „Aschenanalysen“ noch einige Durchschnittswerthe für den Kali- Natron- und Chlorgehalt der gewöhnlichsten Futtergewächse an. Dieselben sind nach dem Natrongehalte geordnet.

1000 Theile Trockensubstanz enthalten:

	KO	NaO	Cl
Haferstroh	10.40	1.36	2.97
Klee	21.96	1.39	2.66
Süssgräser	20.80	2.57	3.67
Wiesenheu	15.38	2.65	4.35
Raps	26.88	2.69	5.95
Saure (Ried-) Gräser . .	20.60	5.74	4.52
Wicken	33.93	6.77	3.65
Weisskraut	55.65	7.52	10.38
Turnips (Wurzel)	36.37	7.88	4.06
Futterrunkel (Wurzel) . .	34.79	10.24	5.41
Turnips (Kraut)	27.27	11.00	11.79
Möhre (Wurzel)	19.65	12.32	2.90
Zuckerrübe (Kraut)	50.07	25.76	20.16
Futterrunkel (Kraut)	46.68	30.80	22.56

Man überblickt leicht, dass das in dem ersteren der angeführten Versuche angewandte Kleefutter einen ungewöhnlich niedrigen Natron- und Chlorgehalt hat, und dass der Ochs in einer dem Klee gleichen Menge süsßer Gräser die doppelte, in einer gleichen Menge saurer Gräser die 4 fache, in einer gleichen Menge Wicken die 5 fache und in einer gleichen Menge Futterrunkelkraut die 23 fache Menge Natron aufnehmen würde.

Nehmen wir an, dass der 502.3 Kgr. wiegende Ochs statt mit 10000 Grmm. Klee (8180 Grmm. Trockensubstanz) mit einer eben-soviel Trockensubstanz enthaltenden Menge Wicken gefüttert würde, so kämen täglich auf 1 Kgr. Ochs:

0.5523 KO 0.1102 NaO 0.0596 Cl.

Diese Annahme ist vollkommen statthaft, da der Futterwerth der Wicken dem des Klees gleichkommt.

Würde derselbe Ochs mit einer gleichen Menge saurer Gräser gefüttert, so kämen auf 1 Kgr. Körpergewicht:

0.3353 KO 0.0934 NaO 0.0739 Cl.

Diese Werthe müssen etwas zu gering ausgefallen sein, da der Futterwerth der sauren Gräser geringer ist als der des Klees; der Ochs müsste zur Erhaltung seines Körpergewichtes mehr von diesem Futter erhalten.

Die in obiger Tabelle zuletzt aufgeführten Kräuter und Wurzeln haben einen ungewöhnlich hohen Natron- und Chlorgehalt, wie er nur bei wenigen Pflanzen vorkommt; sie dürfen daher in unsere Betrachtung, bei der es auf das gewöhnliche Durchschnittsfutter des Pflanzenfressers ankommt, nicht hineingezogen werden, zeigen jedoch, wie reich an Kochsalz die Pflanzennahrung unter Umständen sein kann.

Stellen wir nun die Resultate dieser Berechnungen zusammen, so finden wir, dass in der täglichen Nahrung aufgenommen werden von:

	KO	NaO	Cl
1 Kgr. Fleischfresser			
bei Ernährung mit Rindfleisch	0.1820	0.0355	0.0310
„ „ „ Mäusen	0.1434	0.0743	0.0652
1 Kgr. Pflanzenfresser			
bei Ernährung mit Klee	0.3575	0.0226	0.0433
„ „ „ Rüben und Haferstroh	0.2923	0.0674	0.0603
„ „ „ Riedgräsern	0.3353	0.0934	0.0739
„ „ „ Wicken	0.5523	0.1102	0.0596

Die Natron- und Chlormenge ist somit in der Nahrung des Pflanzenfressers ebenso gross, wie in der des Fleischfressers. Dagegen beträgt die Kalimenge in der

Nahrung des Pflanzenfressers das Doppelte bis Vierfache von derjenigen in der Nahrung des Fleischfressers. Dieser Umstand führte mich auf die Vermuthung, dass die Aufnahme dieser grossen Menge Kalisalzes die Ursache des Kochsalzbedürfnisses beim Pflanzenfresser sei.

Wenn nämlich im Kalisalz, dessen elektronegativer Bestandtheil ein anderer als das Chlor ist, z. B. phosphorsaures Kali, in einer Lösung mit Chlornatrium zusammentrifft, so tauschen die beiden Salze ihre Säuren aus; es bildet sich Chlorkalium und phosphorsaures Natron. Wenn somit phosphorsaures Kali durch Resorption der Nahrung ins Blut gelangt, so muss es sich mit dem Chlornatrium des Plasma umsetzen und das dabei gebildete Chlorkalium und phosphorsaure Natron als überschüssig durch die Nieren ausgeschieden werden, damit die normale Zusammensetzung des Blutes erhalten bleibe. Es muss somit dem Blute durch Aufnahme von phosphorsaurem Kali Chlor und Natron entzogen werden, und dieser Verlust kann nur durch Wiederaufnahme von Kochsalz gedeckt werden. Es folgt daraus, dass ein Thier, welches eine an Kalisalzen reiche Nahrung genießt, wie der Pflanzenfresser, Kochsalz zu dieser Nahrung hinzufügen muss, um die normale Chlor- und Natronmenge im Organismus zu erhalten. Die Richtigkeit dieser aprioristischen Deduktion zu prüfen, ist der Zweck der folgenden experimentellen Untersuchungen.

I.

Versuche über das Verhalten der Kalisalze zum Kochsalz ausserhalb des Organismus.

Die im Thierkörper und in der Pflanzennahrung vorwiegenden Kalisalze sind das Chlorkalium, das phosphorsaure, das pflanzensaure, — welches im Organismus bekanntlich zu Kohlensäure verbrennt — und das schwefelsaure Kali, welches letztere im Thier- und Pflanzenkörper präformirt zwar nur in geringer Menge vorkommt, bei der Verbrennung des Albuminats und anderer schwefelhaltiger Verbindungen aber im thierischen Organismus fortwährend in bedeutender Menge sich bildet und durch die Nieren zur Ausscheidung gelangt. Von

diesen vier Kalisalzen kann sich das Chlorkalium natürlich mit dem Chlornatrium nicht umsetzen. Von den drei übrigen ist bisher nur das Verhalten des phosphorsauren Kalis gegen das Kochsalz untersucht worden: Liebig ¹⁾ giebt an, dass beim Zusammenbringen einer Lösung dieses Salzes mit einer Kochsalzlösung phosphorsaures Natron herauskrystallisirt, dass somit die beiden Salze ihre Säuren austauschen. Durch die folgenden Versuche soll die Frage entschieden werden: 1) ob auch das Kohlensäure und Schwefelsäure Kali sich ebenso gegen das Chlornatrium verhalten, und 2) ob diese Umsetzung eine vollständige ist, oder ob sich, wie das Berthollet'sche Gesetz es fordert, vier Salze bilden.

V e r s u c h I.

Eine Lösung genau äquivalenter Mengen NaCl und KCO_3 wird bei einer Temperatur, welche zwischen 35 und 40°C schwankt — somit der Körpertemperatur der Warmblüter — der Verdunstung überlassen. Es scheiden sich zweierlei Krystalle aus, welche getrennt aus der Mutterlauge herausgenommen, zwischen Fliesspapier getrocknet, mit wässrigem Alkohol abgespült, nochmals zwischen Fliesspapier getrocknet, und darauf analysirt werden. Die einen — Drusen feiner Nadeln — erweisen sich durch die qualitative Analyse als reines NaCO_3 . Die anderen — reguläre Krystalle — werden geglüht, gewogen, gelöst und mit Platinchlorid gefällt: 0.1950 Grmm. gaben 0.6424 KCl $\text{Pt Cl} = 0.1959 \text{KCl}$. Die regulären Krystalle sind somit reines Chlorkalium. Es hat demnach eine Umsetzung des NaCl und KCO_3 in KCl und NaCO_3 statt gefunden.

V e r s u c h II.

Der Versuch I wird dahin abgeändert, dass die Mutterlauge von den ausgeschiedenen Krystallen bei derselben Temperatur abfiltrirt, die Gesamtmenge der auf dem Filter gesammelten Krystalle zwischen Fliesspapier getrocknet, in einer Reibschale fein zerrieben und gleichmässig gemischt wird. In diesem Gemisch wird der Gehalt an K, Na und Cl bestimmt, die CO_2 aus der Differenz berechnet:

¹⁾ Chemische Briefe. 1865. p. 306. Ann. d. Chem. und Pharm. 1847. Bd. 62. p. 344.

0.7760 Grmm. des geglühten Salzgemenges gaben 0.7893 KCl + NaCl; daraus 2.2166 KCl, PtCl₂; daraus berechnet 45.700% K, 5.730% Na.

1.0011 Grmm. des geglühten Salzgemenges gaben 1.6724 AgCl; daraus berechnet 41.300% Cl.

Aus der Differenz findet man 7.270% CO₂ + O.

Das herauskrystallisirte Salzgemenge hat somit folgende Zusammensetzung:

41.30 % Cl,	$\frac{41.30}{35.46}$	=	1.165	Aequivalent.
45.70 K,	$\frac{45.70}{39.11}$	=	1.168	„
5.73 Na,	$\frac{5.73}{23}$	=	0.249	„
7.27 CO ₃ ,	$\frac{7.27}{30}$	=	0.242	„

Man sieht somit, dass in dem herauskrystallisirten Salzgemenge, das Cl genau dem K, das Na der CO₂ aequivalent ist. Das Resultat des Versuches I wird somit auch auf diesem Wege bestätigt.

Da von den 4 hier möglichen Salzen das Kochsalz das am wenigsten lösliche ist, so könnte man verleitet werden, aus der Thatsache, dass kein NaCl herauskrystallisirt, den Schluss zu ziehen, dass auch in der Lösung kein Kochsalz enthalten, dass die Umsetzung eine vollständige gewesen sei. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass wir es in diesem Falle nicht mit gleichen Gewichtsmengen, sondern mit aequivalenten Mengen der Salze zu thun haben. Ein Gewichtstheil NaCl braucht zwar mehr Wasser zu seiner Lösung als ein Gewichtstheil KCl; ein Aequivalent NaCl aber braucht weniger Wasser zu seiner Lösung als 1 Aeq. KCl. Die Löslichkeit der 4 hier in Frage kommenden Salze verhält sich folgendermassen:

1 Th. NaCl	löst sich bei 40°C. in 2.73 Th. HO.
„ KCl	„ „ „ „ „ 2.49 „ „
„ NaCO ₃	„ „ „ „ „ 1.9 „ „
„ KCO ₃	„ „ „ „ „ 0.6 „ „

74.57 Th. KCl	lösen sich bei 40°C. in 186.4 Th. HO.
58.46 „ NaCl	„ „ „ „ „ 157.8 „ „
53 „ NaCO ₃	„ „ „ „ „ 100 „ „
69.11 „ KCO ₃	„ „ „ „ „ 42 „ „

Ein Aequivalent KCl braucht somit mehr Wasser zu seiner Lösung als 1 Aeq. jedes der 3 anderen Salze. Bei der allmäligen Verdunstung der Lösung musste daher für das KCl zuerst der Zeitpunkt eintreten, wo die noch übrige Wassermenge dasselbe nicht mehr gelöst erhalten konnte. Es ist also möglich, dass das KCl sich erst im Momente des Herauskrystallisirens gebildet hat, und die Frage, ob die Umsetzung des NaCl und KCO₃ in KCl und NaCO₃ bereits in der Lösung vor sich geht, lässt sich auf diesem Wege nicht entscheiden. Es wurde daher folgender Weg eingeschlagen.

V e r s u c h III.

Eine Lösung genau aequivalenter Mengen NaCl und KCO₃ wird bei der Temperatur des Körpers 20 Stunden lang der Diffusion durch vegetabilisches Pergament in destillirtes Wasser überlassen.

Da das Diffusionsvermögen der Salze ein verschiedenes ist, so kann im Diffusate nicht mehr jede der beiden Säuren jeder der beiden Basen aequivalent sein, sondern es muss, falls gar keine Umsetzung statt gefunden hat, das Cl dem Na und die CO₂ dem K aequivalent sein. Falls die Umsetzung eine vollständige gewesen ist, muss im Diffusate das Cl dem K und die CO₂ dem Na aequivalent sein. Falls die Umsetzung eine theilweise gewesen ist, kann gar keine Aequivalenz zwischen Säuren und Basen statt haben. Welcher von diesen drei möglichen Fällen hier eintritt, musste also die quantitative Analyse des Diffusates entscheiden.

50^{c.c.} des Diffusates eingedampft und geglüht gaben 1.6540 Grmm. Salze; daraus 1.7142 KCl + NaCl; daraus 3.2672 KCl, PtCl₂; daraus berechnet 0.52273 K 0.28224 Na.

50^{c.c.} gaben 2.0938 AgCl = 0.5177 Cl.

Aus der Differenz berechnet sich 0.3313 CO₂ + O.

Dividirt man die gefundenen Werthe durch das Aequivalentgewicht, so findet man:

$\frac{0.52273}{39.11}$	=	0.013366 Aeq. K	}	0.0256374)
$\frac{0.28224}{23}$	=	0.012271 „ Na		
$\frac{0.5177}{35.46}$	=	0.014599 „ Cl	}	0.025642
$\frac{0.3313}{30}$	=	0.011043 „ CO ₃		

Es findet somit zwischen den Basen und Säuren im Diffusate gar keine Aequivalenz statt. Es folgt daraus, dass die Umsetzung des NaCl mit dem KCO₃ eine theilweise ist.

Noch entschiedener tritt dieses Resultat im folgenden Versuche zu Tage, wo die Diffusionszeit kürzer und daher der Unterschied in der Aequivalenz weit bedeutender ist.

V e r s u c h I V.

Diffusionszeit 3 Stunden — sonst wie Versuch III.

50 cc Diffusat enthielten 0.7272 Salze; daraus 0.7467 KCl + NaCl; daraus 1.5294 KCl, PtCl₂; es berechnet sich 0.24469 K 0.11018 Na.

50 cc gaben 1.0918 AgCl = 0.26994 Cl
aus der Differenz findet man 0.1024 CO₂ + O.

$\frac{0.24469}{39.11}$	=	0.0062566 Aeq. K	}	0.011047
$\frac{0.11018}{23}$	=	0.0047904 „ Na		
$\frac{0.26994}{35.46}$	=	0.0076125 „ Cl	}	0.011026
$\frac{0.1024}{30}$	=	0.0034133 „ CO ₃		

1) Die Uebereinstimmung der Summa der Aequivalente beider Basen mit der Summa der Aequivalente beider Säuren bietet eine Controle für die Genauigkeit der Analyse.

V e r s u c h V.

Eine Lösung aequivalenter Mengen NaCl und K₂HPO₃ wird bei Körpertemperatur 2 Stunden lang der Diffusion durch vegetabilisches Pergament in destillirtes Wasser überlassen.

50 cc des Diffusates, eingedampft und gegläht gaben 0.4000 Grmm. dyrophosphorsaure und Chloralkalien; daraus 0.3860 KCl + NaCl; daraus 0.7949 KCl, PtCl₂; daraus berechnet 0.127181 K, 0.056449 Na.

50 cc gaben 0.5848 AgCl = 0.144586 Cl.

100 cc gaben 0.1808 Mg₂ PO₇ = 0.115647 PO₅.

50 cc des Diffusates enthalten somit:

K = 0.127181 = 0.0032519 Aeq.	}	0.0057062
Na = 0.056449 = 0.0024543 „		
Cl = 0.144586 = 0.0040774 „	}	0.0057064
PO ₅ = 0.057824 = 0.0016290 „		

Doppeltes Sauerstoffaequivalent der PO₅ = 0.013034

Salze in 50 cc = 0.3991

Direkt bestimmt = 0.4000

Das phosphorsaure Kali verhält sich also zum Kochsalz ebenso wie das kohlen-saure Kali; es bildet mit demselben gleichfalls 4 Salze.

V e r s u c h V I.

Eine Lösung genau aequivalenter Mengen KSO₄ und NaCl wird 1 1/2 Stunden lang der Diffusion überlassen.

50 cc Diffusat enthielten 0.2600 Salze.

100 cc gaben 0.4905 KCl + NaCl; daraus 0.9964 KCl, PtCl₂; daraus berechnet 0.159420 K, 0.073375 Na.

50 cc gaben 0.3543 AgCl = 0.087597 Cl.

100 cc gaben 0.2663 BaSO₄ = 0.091434 SO₃.

100 cc des Diffusates enthielten somit:

K = 0.159420 = 0.0040762 Aeq.	}	0.0072664
Na = 0.073375 = 0.0031902 „		
Cl = 0.175194 = 0.0049406 „	}	0.0072265
SO ₃ = 0.091434 = 0.0022859 „		

Sauerstoffäquivalent der SO_3	=	0.018286
Summe der Salze	=	0.51779
Direkt bestimmt	=	0.5200

Auch hier findet somit keine Äquivalenz zwischen Basen und Säuren statt; das KSO_4 verhält sich folglich zum NaCl ebenso wie das K_2HPO_4 und das KCO_3 .

Durch die vorliegenden Versuche ist also der Beweis geliefert, dass das kohlen-saure, das phosphorsaure und das schwefelsaure Kali sich mit dem Kochsalze in wässriger Lösung bei der Temperatur warmblütiger Organismen zum Theil umsetzen. Jedes Kalisalz bildet mit dem Kochsalz 4 Salze: 2 Kalisalze und 2 Natronsalze.

In welchem quantitativen Verhältnisse diese Umsetzung stattfindet, lässt sich durch endosmotische Versuche wohl kaum entscheiden. Ebenso wenig kann die Frage auf calorimetrischem Wege gelöst werden; denn da die Neutralisationswärme des KO und NaO mit derselben Säure die gleiche ist, ¹⁾ so muss bei der Umsetzung der Salze durch die Trennung der Säure von der einen Basis ebenso viel Wärme gebunden werden, wie bei der Vereinigung mit der andern frei wird. — Vielleicht liesse sich die Frage durch Bestimmung der Lichtbrechungsexponenten der Salzlösungen entscheiden.

II.

Versuche über das Verhalten der Kalisalze zum Kochsalz im menschlichen Organismus.

Da die Kalisalze sich mit dem Kochsalze umsetzen, so muss aus den oben (p. 111) entwickelten Gründen durch die Aufnahme von Kalisalzen dem Organismus Kochsalz entzogen werden. Da die Umsetzung nur eine theilweise ist, so muss die dem Körper entzogene Kochsalzmenge weniger betragen als das Äquivalent der resorbirten Kalisalze. Dieses Ergebniss der Deduction wird durch die folgenden Versuche bestätigt, in denen die Vermehrung bestimmt

1) J. Thomsen. Thermochemische Untersuchungen. Ann. d. Phys. und Chem. 1871. Bd. 143. p. 354.

wird, welche die Natron- und Chlor-Ausscheidung bei sonst constanter Diät durch Aufnahme von Kalisalzen erfährt.

Ich stellte die Versuche an mir selbst an, weil erstens derartige Selbstversuche mit weit grösserer Genauigkeit ausgeführt werden können, als Versuche an Thieren, und weil zweitens die am Menschen gewonnenen Resultate in praktischer Hinsicht von besonderem Interesse sind.

V e r s u c h I.

Die Versuchszeit dauerte acht Tage. Die Lebensweise war während der ganzen Zeit eine vollkommen gleiche. Die tägliche Nahrung bestand in 600 Grmm. Rindfleisch, 300 Grmm. Brod, 100 Grmm. Butter, 100 Grmm. Zucker, 2 Grmm. Kochsalz und 3 Liter Wasser.

Der Fleischvorrath für die ganze Versuchszeit wurde in einer Hackmaschine fein zerhackt, gleichmässig durchmischt und in einer Blechbüchse mit doppeltem Verschluss, von einer Kältemischung umgeben und dadurch hart gefroren, im Eiskeller aufbewahrt. Auf diese Weise wurde das Fleisch nicht bloss gut conservirt, sondern auch eine ungleiche Vertheilung des Fleischsaftes in den höheren und tieferen Schichten des Vorrathes verhindert. Die an jedem Tage herausgeschnittenen Stücke des gefrorenen Hackfleisches mussten einen genau gleichen Gehalt an Salzen haben, wovon ich mich durch die Analyse mehrerer, verschiedenen Schichten entnommener Proben überzeugte. Das Fleisch enthielt 0.416 % KO , 0.081 % NaO , 0.071 % Cl und 0.458 % PO_5 . Die Menge der präformirten SO_3 betrug 0.001 %; beim Einäschern mit Salpeter und Kalihydrat wurden 0.553 % SO_3 erhalten. — Die Zubereitung des Fleisches wurde von mir eigenhändig ausgeführt.

Die tägliche Brodration wurde während der ganzen Versuchszeit von demselben Brode abgeschnitten, welches gegen Eintrocknung durch Aufbewahren unter einer luftdicht verschlossenen Glasglocke geschützt war. Das Brod war wenig gesalzen und enthielt 0.224 % Cl , 0.122 % NaO , 0.341 % KO , 0.511 % PO_5 und 0.021 % präformirte SO_3 ; beim Einäschern mit Salpeter und Kalihydrat wurden 0.154 % SO_3 erhalten.

Die Butter war ungesalzen und enthielt bloß 0.090 % Asche. Der Zucker war vollkommen aschenfrei.

Das Kochsalz war chemisch rein und vollkommen trocken. Die Dosis von 2 Grmm. war gewählt worden, weil bei einer größeren Menge die Zunahme der Kochsalzausscheidung nach Aufnahme der Kalisalze weniger eklatant zu Tage getreten wäre, bei einer kleineren Menge aber, oder bei völligem Ausschluss des Kochsalzes aus der Nahrung die von Tag zu Tag fortschreitende Verminderung der Kochsalzausscheidung so bedeutend ist, dass sie die durch die Kaliumaufnahme bewirkte Vermehrung hätte verdecken können.

Zum Trinkwasser wurde destillirtes Wasser gewählt, weil man nicht sicher sein konnte, während der ganzen Versuchszeit Brunnenwasser von gleichem Salzgehalte zu bekommen. Es wurde zum Theil rein, zum Theil als Thee getrunken. — Bei dieser Nahrung befand ich mich vollkommen wohl und empfand durchaus nicht das Bedürfniss nach anderen Speisen. —

Der Harn wurde für jeden Versuchstag getrennt gesammelt und nach vorhergegangener Bestimmung des Volumens in wohl verschlossenen Flaschen zur Analyse aufbewahrt. Ein Versuchstag wurde von Morgen um 9, wo ich die erste Mahlzeit einnahm, bis zu derselben Stunde des folgenden Tages gerechnet; er dauerte also von der ersten Mahlzeit des einen Tages incl. bis zur ersten Mahlzeit des folgenden Tages excl. Mit dem Schlage 9 wurde der letzte Harn entleert und darauf die erste Mahlzeit des folgenden Tages eingenommen. — Die Bestimmung des Körpergewichtes geschah zu Anfang eines jeden Versuchstages. — Alle quantitativen Bestimmungen im Harn wurden nach genauen gewichtsanalytischen Methoden ausgeführt und zwar jede Bestimmung wenigstens doppelt und zum Theil nach verschiedenen Methoden; von den gut übereinstimmenden Resultaten wurde das arithmetische Mittel genommen. Eine genauere Beschreibung der angewandten Methoden folgt unten S. 139. Am 5. Versuchstage wurden 18.24 Grmm. KO als phosphorsaures Salz von der Zusammensetzung K_2HPO_4 eingenommen.

Dieses Salz, so wie das citronensaure Kali des folgenden Versuches waren aus kohlenurem Kali dargestellt, welches zuvor auf seine Reinheit geprüft wurde. Es erwies sich als vollkommen frei

von Natron und enthielt Chlor nur in kaum nachweisbaren Spuren; Schwefelsäure und Phosphorsäure liessen sich nicht in demselben nachweisen. Die Phosphorsäure und die Citronensäure waren vollkommen rein.

Das phosphorsaure Kali wurde in verdünnter Lösung in 3 Dosen eingenommen: die erste Dosis (7.293 Grmm. KO) um 11 Uhr — also 2 Stunden nach Beginn des Versuchstages — die zweite (3.647 Grmm.) um 2 Uhr und die dritte (7.293 Grmm.) um 6 Uhr, also 15 Stunden vor dem Schluss des Versuchstages. Die zur Lösung verwandten Wassermengen wurden bei dem Tagesquantum von 3 Lit. mit in Rechnung gebracht. Die Wirkung überblickt man auf der folgenden Tabelle.

(Siehe Tabelle I nächste Seite.)

Das Körpergewicht ist während des ganzen Versuchs fast unverändert. Die geringe Abnahme während des 5. Versuchstages, welche in der Gewichtsbestimmung am Morgen des folgenden Tages hervortritt, ist dem Umstande zuzuschreiben, dass das phosphorsaure Kali stark abführend wirkte. Dadurch war nicht bloß der Darm vollkommen entleert, sondern der Organismus durch Verminderung der Resorption auch wasserärmer geworden. Aus dem letzteren Grunde ist auch das Harnvolumen am 5. und 6. Tage geringer als an den übrigen Tagen, falls nicht die höhere Temperatur dieser Tage allein schon zur Erklärung dieses Umstandes ausreicht.

Die Ausscheidung des KO, der PO_5 und der SO_3 am 2., 3. und 4. Versuchstage ist constant, die des NaO und Cl nimmt allmählig ab, wie es bei einem an kochsalzreichere Nahrung gewöhnten Organismus nicht anders zu erwarten war. Die plötzliche Steigerung der Natron- und Chlorausscheidung am 5. Tage kann somit nur der Aufnahme der Kalisalze zugeschrieben werden. Die Kaliumausscheidung an diesem Tage beträgt 10.7 Grmm. Von den aufgenommenen 18.2 Grmm. KO haben somit 10.7 den Organismus durchkreist und demselben 5.1 Grmm. NaO und 3.4 Grmm. Cl entzogen. Beachtenswerth ist dabei der Umstand, dass während in der Nahrung und in dem Harne der vorhergehenden Tage das Chlor dem Natron nahezu äquivalent ist, am 5. Tage

die Natronausscheidung weit mehr beträgt als das Aequivalent der Chlorausscheidung, es ist dem Organismus ausser dem Kochsalz noch Natron entzogen worden: 5.1 Grmm. NaO und 3.4 Grmm. Cl sind = 5.6 Grmm. Kochsalz und 2.1 Grmm. NaO.

Am 6. Tage ist die Natron- und Chlorausscheidung weit geringer als am letzten Tage vor der Kaliumaufnahme, weil der Organismus an Kochsalz erschöpft ist und die in der Nahrung aufgenommenen Chlor- und Natronmengen zum Theil zurückhält. Am dritten Tage nach der Kaliumaufnahme beginnt die Chlor- und Natronausscheidung wieder zu steigen.

Versuch II.

Die tägliche Nahrung bestand in 500 Grmm. Fleisch, 300 Grmm. Brod, 100 Grmm. Butter, 100 Grmm. Zucker, 2 Grmm. Kochsalz und 2 1/2 Liter. Wasser. Es wurden somit 100 Grmm. Fleisch und 500 C. C. Wasser weniger am Tage aufgenommen als in dem Versuche I. Das Brod war stärker gesalzen als im Versuche I; es enthielt 0,441% Cl; daraus erklärt sich die bedeutendere Kochsalzausscheidung in diesem Versuche. Im Uebrigen wurde der Versuch genau in derselben Weise angestellt, wie der vorige.

Am 5. Versuchstage wurde eine dem phosphorsauren Kali des vorigen Versuches äquivalente Menge citronensauren Kali's (18.24 Grmm. KO, Cl) eingenommen, und zwar in derselben Weise wie im vorigen Versuche: um 11 Uhr 7.293 KO, um 2 Uhr 3.647, um 6 Uhr 7.293 KO. Eine halbe Stunde nach Aufnahme der ersten Dosis reagirte der Harn bereits alkalisch; am folgenden Tage um 3 Uhr Nachmittags wurde der erste wieder sauer reagirende Harn entleert. Der Harn des 5. Versuchstages brauste auf Zusatz von Säuren; jedoch liess sich auch unzersetzte Citronensäure mit Sicherheit in demselben nachweisen. Eine quantitative Bestimmung der durch Verbrennung der Citronensäure gebildeten CO₂ liess sich nicht ausführen, da in dem alkalischen Harn der Harnstoff sich sehr bald in kohlensaures Ammonium umzusetzen begann. Im Uebrigen war die Wirkung folgende.

Mit der täglichen Nahrung wurden aufgenommen:

im Fleisch	2.496	0.486	0.423	2.748	3.318
im Brod	1.023	0.366	0.672	1.333	0.462
im Kochsalz		1.060	1.213		
im Ganzen	3.519	1.912	2.310	4.281	3.780

Tabelle I.

Versuchs- tag	Datum	Harn- volumen in C. C.	Natron- äquivalent des Cl					Durchschnitts- temperatur des gewicht in Versuchstages ²⁾ Grammen	Körper- gewicht in Grammen	
			KO	NaO	Cl	P ₂ O ₅	SO ₃ ¹⁾			T
1.	21. Juli	2032			3.802			14.6° C.	61420	
2.	"	3021	2.501	2.095	2.234	2.355	3.085	2.639	0.988	60820
3.	"	2366	2.472	2.088	1.944	2.224	2.903	2.733	1.047	60930
4.	"	2294	2.580	1.846	1.687	1.980	3.046	3.135	1.347	60730
5.	"	1926	13.290	6.924	4.667	5.339	6.379	2.957	1.003	60920
6.	"	1087	4.517	0.889		0.764	4.667	3.227	0.914	60110
7.	"	2421	3.702	0.737		0.812	3.967	3.132	1.138	60770
8.	"	2367	3.654	1.014		1.194	3.729	3.049	1.104	60670

1) Der Schwefelgehalt der Nahrung als S O₃ berechnet

2) Die Temperaturbeobachtungen sind auf dem meteorologischen Observatorium angestellt worden; die Lokale, in denen ich mich während der Versuchszeit aufhielt, hatten eine von der freien Atmosphäre nur wenig abweichende Temperatur.

Tabelle II.

Ver- suchs- tag	Datum	Harn- volumen in C. C.	Durchschnitts- temperatur des Versuchstages	KO	NaO	Natron- äquivalent des Cl	Cl	PO ₅	SO ₃
2.	11. Juni	1958	18.4° C.	2.141	3.678	3.426	3.919	2.827	2.893
3.	12. "	1910	15.4	2.003	3.155	3.163	3.618	2.468	2.642
4.	13. "	2098	7.9	2.013	2.784	2.834	3.242	2.850	2.656
5.	14. "	2598	9.9	14.178	7.317	6.033	6.901	1.177	3.014
6.	15. "	1786	11.4	4.677	0.486	0.861	0.985	2.372	2.798

Das citronensaure Kali wirkte nicht abführend wie das phosphorsaure Kali; daher ist auch das Harnvolumen am Tage der Kaliumaufnahme (5. Tag) in diesem Versuche nicht wie im vorigen vermindert, sondern vermehrt. Diese Vermehrung ist zum Theil der niedrigen Temperatur des Tages zuzuschreiben, zum Theil wohl auch einer schwach diuretischen Wirkung des citronensauren Kali's.

Von den aufgenommenen 18.24 Grmm. KO erscheinen am ersten Tage 12 im Harne; die Chlorausscheidung ist dadurch um 3.7, die Natronausscheidung um 4.5 Grmm. vermehrt. Dem Blute sind somit 6.1 Grmm. Kochsalz und 1.3 Grmm. NaO entzogen. Die Wirkung ist dieselbe wie im vorigen Versuche, wo der Kochsalzverlust nahezu ebenso gross, der Natronverlust noch etwas grösser war. Dass dieser Verlust ein sehr bedeutender ist, sieht man leicht, wenn man die Grösse des Kochsalzgehaltes im Gesamtblute berechnet. Die Blutmenge beträgt beim Menschen nach Bischoff und Welcker $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes und der Kochsalzgehalt im Blute eines gesunden jungen Mannes nach C. Schmidt¹⁾ 2.7 pro Mille. Darnach berechnet sich für mein Körpergewicht von 61 Kgr. die Kochsalzmenge im Blute auf 12.67 Grmm. Es ist somit die Hälfte des Kochsalzes, welche dem Blute beim Durchtritt von 12 Grmm. Kali entzogen worden ist. Dass die übrigen Organe zur Deckung dieses Verlustes allmählig beisteuern, ist selbstverständlich; zunächst aber muss

derselbe vom Blute getragen werden, und für dieses ist er ein sehr beträchtlicher. — Am Tage nach der Kaliumaufnahme ist auch in diesem Versuche die Natron- und Chlorausscheidung sehr vermindert.

Für das Zustandekommen der vermehrten Kochsalz- und Natronausscheidung ist eine zweifache Erklärung möglich. Entweder wir bleiben bei der Annahme, von der wir bei diesen Versuchen ausgingen, dass die Kalisalze sich mit den Natronsalzen des Blutes umsetzen, und die dadurch gebildeten Kali- und Natronsalze, als nicht zur normalen Zusammensetzung des Blutes gehörig, ausgeschieden werden; oder wir müssen annehmen, dass die Kalisalze bei ihrem raschen Durchtritte durch das Blut die Natronsalze desselben mechanisch verdrängen und mit sich fortreissen. Bei dieser Erklärungsweise müssen wir annehmen, dass das ausser dem Kochsalz ausgeschiedene Natron kohlensaures Natron sei, ein Salz, dessen Vorkommen im Blute noch zweifelhaft ist. Die Annahme, dass das Natron als Natronalbuminat zur Ausscheidung gelangt sei, ist unzulässig, weil sich in dem Harne aller Versuchstage auch mit den empfindlichsten Reagentien keine Spur von Eiweiss nachweisen liess. Als phosphorsaures oder schwefelsaures Salz kann das Natron ebenso wenig ausgeschieden sein, weil die Schwefelsäureausscheidung am 5. Versuchstage nicht vermehrt, die Phosphorsäureausscheidung sogar auffallend vermindert ist. Wäre die Annahme richtig, dass die Kalisalze das Kochsalz des Blutplasma mechanisch mit sich fortreissen, so müssten wir erwarten, dass auch andere Salze, z. B. alle Natronsalze, die Kochsalzausscheidung vermehren. Es wurde daher der folgende Versuch mit citronensaurem Natron angestellt; es sollte entschieden werden, ob durch die Aufnahme desselben die Chlorausscheidung steigt.

Versuch III.

Dieser Versuch schliesst sich, wie die fortlaufenden Data der nachstehenden Tabelle lehren, unmittelbar an den Versuch III an, mit welchem er eine einheitliche Versuchsreihe bildet, während welcher von demselben Nahrungsvorrathe gezehrt wurde und überhaupt die ganze Lebensweise eine durchaus gleiche war.

1) Charakteristik der epidemischen Cholera. 1850. p. 30.

Am 9. Versuchstage wurde eine dem citronensauren Kali im vorigen Versuche äquivalente Menge citronensauren Natrons (2NaO , $\bar{\text{Cl}}$, mit 12Grmm. NaO) in derselben Weise, zu denselben Stunden und in derselben Vertheilung aufgenommen wie in den Versuchen I und II die Kalisalze. Die Wirkung war folgende.

Tabelle III.

Ver- suchs- tag	Datum	Harn- volumen in C. C.	KO	NaO	Cl	PO ₅	SO ₃	\bar{U}	Durch- schnitts- temperat.	Körper- gewicht in Grammen
8.	28. Juli	2567	3.654	1.014	1.194	3.729	3.049	1.104	11.7	60670
9.	29. „	2461	4.527	9.993	1.011	3.527	3.084	1.230	15.7	60730
10.	30. „	2442	1.477	3.614	1.425	3.270	2.915	1.006	17.7	60970

Die Chlorausscheidung ist durch die Aufnahme des citronensauren Natrons eher vermindert als vermehrt. Dagegen ist die Kaliausscheidung am Tage der Natronaufnahme vermehrt, am folgenden Tage vermindert; sie verhält sich somit ähnlich, wie die Natronausscheidung nach der Kaliumaufnahme.

Uebrigens ist dieser Versuch kein ganz reiner, da er noch unter dem Einflusse der Kalisalzaufnahme am 5. Versuchstage steht, und ich muss bekennen, dass es zweckmässiger gewesen wäre, die beiden Versuche nicht so unmittelbar auf einander folgen zu lassen. Die Vermehrung der Kaliausscheidung durch Natronaufnahme ist indessen schon früher von Böcker¹⁾ durch Selbstversuche und von Reinson²⁾ durch Versuche an Hunden nachgewiesen worden.

Von den zwei Annahmen, die wir zur Erklärung der vermehrten Natron- und Chlorausscheidung nach der Kaliumaufnahme gemacht haben, wird also die letztere, dass wir es mit einem mechanischen

1) Ueber die physiologische Erstwirkung der Phosphorsäure und des phosphorsauren Natrons. Prager Vierteljahresschrift 1854. Bd. IV. p. 117.

2) Ed. Reinson, Unt. üb. d. Ausscheidung des Kali und Natrons durch den Harn. Diss. Dorpat. 1864.

Prozesse, mit einer vermehrten Diffusion und Filtration zu thun haben, durch den vorliegenden Versuch nicht unterstützt: die Thatsache, dass das citronensaure Natron die Chlorausscheidung nicht vermehrt, spricht dagegen; die Thatsache, dass die Natronsalze die Kaliausscheidung vermehren, die Kalisalze die Natronausscheidung, findet in der anderen Annahme, der Annahme einer chemischen Umsetzung, eine weit befriedigendere Erklärung.

Nehmen wir an, dass in dem Versuche II das bei der Verbrennung des citronensauren Kali's gebildete kohlensaure Kali sich mit dem Kochsalze des Blutes umgesetzt hat, so müssen das gebildete Chlorkalium und kohlensaure Natron als überschüssig aus dem Blute entfernt worden sein, und die vermehrte Chlor- und Natronausscheidung ist somit erklärt. Zum Theil mag dieser Prozess schon im Verdauungskanale etwa in folgender Weise zu Stande kommen.

Für jedes Quantum Salzsäure, welches aus dem Kochsalze des Blutes im Magensaft frei wird, muss — zur Erhaltung der normalen Alkaleszenz im Blute — eine äquivalente Menge kohlensauren¹⁾ und gallensauren Natrons oder Natronalbuminates in den Darm gelangen. Werden keine Salze in den Magen aufgenommen, so vereinigt sich die Salzsäure im Darne wieder mit dem Natron und das gebildete Kochsalz gelangt von Neuem in das Blut. Wird dagegen citronensaures Kali in den Magen aufgenommen, so verdrängt die Salzsäure einen Theil der Citronensäure; es bildet sich Chlorkalium, und das so gebundene Chlor kann nun nicht mehr im Darne mit dem Natrium des kohlensauren Natrons etc. sich vereinigen; es werden Chlorkalium und kohlensaures (oder citronensaures) Natron in's Blut resorbirt und als überschüssig ausgeschieden. Das Resultat ist somit dasselbe wie bei einer Umsetzung des citronensauren und des durch Verbrennung aus diesem gebildeten kohlensauren Kali's mit dem Kochsalze im Blute.

1) Thiry (Wiener Sitzungsber. 1864. Bd. 50. Abth. II. p. 88) fand in dem frischen, reinen Darmsafte, den er aus der Fistel des von ihm isolirten Darmstückes gewonnen hatte, so viel kohlensaures Alkali, dass derselbe auf Zusatz von Säuren brauste.

Die Thatsache, dass im Versuche II die Natronmehrausscheidung grösser ist als das Aequivalent der Chlormehrausscheidung ist gleichfalls mit der Annahme einer chemischen Umsetzung vereinbar: denn es ist möglich, dass das gebildete kohlensaure Natron rascher zur Ausscheidung gelangt als das Chlorkalium. In der That sehen wir am folgenden Tage die Ausscheidung des Chlorkalium's noch fort dauern; die Chlorausscheidung an diesem Tage beträgt mehr als das Aequivalent der Natronausscheidung; es muss somit ein Theil des Chlors an Kalium gebunden sein. Ferner kann das Ueberwiegen der Natronausscheidung eine Erklärung auch in der Annahme finden, dass das kohlensaure Kali sich mit dem Natronalbuminate des Blutes umgesetzt hat, dass Kalialbuminat gebildet und kohlensaures Natron ausgeschieden sei.

Dass die chemische Umsetzung, wie die Versuche ausserhalb des Organismus lehrten, immer nur eine theilweise ist, steht gleichfalls mit den Thatsachen des Versuches II in Einklang: die Natronmehrausscheidung beträgt weniger als das Aequivalent der Kalimehrausscheidung.

Schwieriger ist es, die Thatsachen des Versuches I aus der Annahme chemischer Umsetzungen zu erklären. Mit den 18.24 Grmm. KO sind 13.7 Grmm. PO₅ aufgenommen worden; davon erscheinen am ersten Tage bloß 3.3, an den drei folgenden Tagen zusammen nur noch 3.2, im Ganzen bloß 6.5, also weniger als die Hälfte im Harne wieder; es muss somit der grössere Theil der PO₅ durch den Darm ausgeschieden sein. Von den 18.24 Grmm. KO erscheinen am ersten Tage 10.7, an den 3 folgenden Tagen zusammen 4.3, im Ganzen 15 Grmm., also weit mehr als die Hälfte im Harne. Die Thatsache, dass am Tage der Kaliaufnahme die Natronmehrausscheidung 5.1, die der Phosphorsäuremehrausscheidung aber bloß 3.1 beträgt, scheint mit der Annahme unvereinbar, dass die Natronmehrausscheidung durch eine Umsetzung des K₂HPO₈ mit dem NaCl bewirkt sei, denn dann müsste das Natron als Na₂HPO₈ zur Ausscheidung gelangt sein, es müsste auf 1 Aequivalent NaO 1/2 Aeq. PO₅ kommen, die Natronmehrausscheidung müsste sich zur Phosphorsäuremehrausscheidung verhalten wie 31 : 35.5, erstere müsste geringer sein als letztere. Thatsächlich ist aber das Umge-

kehrte der Fall. — Der Vorgang muss somit ein weit verwickelterer sein, und es ist dabei zu berücksichtigen, dass nicht bloß im Blute, sondern bereits im Magen und Darne chemische Umsetzungen stattfinden.

Auffallen muss ferner bei dem Versuche I die Thatsache, dass die Vermehrung der Kali- und Phosphorsäureausscheidung noch 3 Tage nach der Aufnahme des phosphorsauren Kali's fort dauert. Denn die Resorption desselben musste bereits am Anfange des 6. Versuchstages aufgehört haben, weil dieses Salz eine stark abführende, bis zum Anfange des folgenden Tages fort dauernde Wirkung hatte, durch welche sehr bald Alles, was nicht resorbirt wurde, aus dem Darne entfernt sein musste. Im Blutplasma können die 4.3 Grmm. KO, welche die Kalimehrausscheidung des 6., 7. und 8. Tages bilden, ebensowenig verweilt haben, da die Kalisalze im Blutplasma als intensives Gift wirken. 0.1 Grmm. KCl, in die Jugularis eines 5 1/2 Kgr. schweren Hundes injicirt, bewirkt fast augenblicklich Stillstand des Herzens 1). Ich bin daher geneigt anzunehmen, dass das phosphorsaure Kali nach der Resorption in's Blut zum Theil an die Blutkörperchen gebunden und darauf allmähig im Laufe der 3 folgenden Tage (in den Capillaren der Niere?) abgegeben worden ist. Diese Annahme gewinnt dadurch noch an Wahrscheinlichkeit, dass am 6., 7. und 8. Tage die Kalimehrausscheidung zur Phosphorsäuremehrausscheidung in demselben Verhältnisse steht, in welchem diese beiden Bestandtheile das K₂HPO₈ zusammensetzen, diejenige Verbindung, welche das überwiegende Kalisalz der Blutkörperchen bildet, während am 5. Tage, unmittelbar nach der Resorption, die Phosphorsäure und das Kali in ganz anderem Verhältnisse zur Ausscheidung gelangen.

1/2 Aeq. PO₅ verhält sich zu 1 Aeq. KO = 35.5 : 47.11.

Die Phosphorsäuremehrausscheidung zur Kalimehrausscheidung verhält sich:

am 6. Tage	=	1.6 : 2	=	35.5 : 44.4
„ 7. „	=	0.9 : 1.2	=	35.5 : 47.3
„ 8. „	=	0.7 : 1.1	=	35.5 : 55.8

1) G. Bunge. Ueb. d. physiol. Wirk. der Fleischbrühe und der Kalisalze. Pflüger, Arch. f. Physiol. 1871. Bd. IV. p. 270.

Die aufgestellte Hypothese gewinnt ferner noch dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass in dem Versuche II nach Aufnahme des citronensauren Kali's die Phosphorsäureausscheidung auffallend vermindert ist. Ich glaubte diese Thatsache Anfangs daraus erklären zu müssen, dass in dem alkalischen Harn die, nur in saurem Harn löslichen, phosphorsauren alkalischen Erden nicht hätten zur Ausscheidung gelangen können; aber der Versuch III zeigt, dass nach Aufnahme des citronensauren Natrons, welches den Harn gleichfalls alkalisch machte, die Phosphorsäureausscheidung nicht vermindert ist. Ausserdem habe ich in zwei — hier nicht mitgetheilten — Versuchen nach Aufnahme des neutralen Chlorkaliums die Phosphorsäureausscheidung gleichfalls bedeutend vermindert gefunden. Diese Thatsachen scheinen mir darauf hinzudeuten, dass die Blutkörperchen das Kali als phosphorsaures Kali binden.

Demnach würden die Blutkörperchen neben ihren anderen wichtigen Lebensfunktionen noch die Aufgabe übernehmen, ein in allen unseren Nahrungsmitteln enthaltenes Gift für den Organismus unschädlich zu machen. Sobald die aus der Nahrung resorbierte Kalimenge so gross ist, oder die Resorption so rasch vor sich geht, dass die Ausscheidung durch die Nieren mit ihr nicht gleichen Schritt halten kann, wird ein Theil der Kalisalze von den Blutkörperchen gebunden, um später allmählig in den Nierencapillaren wieder frei zu werden und zur Ausscheidung zu gelangen. Diese Hypothese muss ich indessen selbst als eine sehr gewagte bezeichnen. Thatsache ist nur so viel, dass 1) im normalen Blute die Kalisalze fast nur in den Blutkörperchen¹⁾ enthalten sind und zwar vorherrschend als phosphorsaures Kali, dass 2) die Kalisalze, wenn sie in's Plasma gelangen, als intensives Gift wirken, dass 3) in dem Versuche I die vermehrte Ausscheidung des phosphorsauren Kali's noch 3 Tage nach beendigter Resorption desselben fort dauerte, und

1) Die geringe Kalimenge, welche man im Plasma gefunden hat, ist möglicher Weise erst nach dem Austritte des Blutes aus dem Organismus durch Diffusion aus den Körperchen in's Plasma gelangt.

dass 4) durch die Aufnahme von citronensaurem Kali und Chlorkalium die Phosphorsäureausscheidung im Harn vermindert wird.

V e r s u c h I V.

Dieser Versuch wurde mit **schwefelsaurem Kali** angestellt. Eine den Kaliselen der früheren Versuche äquivalente Menge dieses Salzes einzunehmen, durfte ich jedoch nicht wagen, weil die schwefelsauren Alkalien die Schleimhäute des Verdauungscanales besonders heftig afficiren und in den Handbüchern der Toxikologie die Angabe sich findet, dass in einigen Fällen die Aufnahme von 10 Drachmen (= 40 Grmm., also ungefähr das Äquivalent der im Versuche I und II aufgenommenen Dosen) schwefelsauren Kali's den Tod bewirkt hat.¹⁾ Es wurden daher blos 16 Grmm. KSO_4 (8.65 KO) eingenommen und zwar allmählig zu je 2 Grmm. um 10, 11, 12, 1, 3, 4, 5 und 6 Uhr. — Nichtsdestoweniger war die Wirkung eine stark abführende.

Die Nahrung und Lebensweise in diesem Versuche war dieselbe wie im Versuche II. Da die Versuche I und II gezeigt hatten, dass die Natron- und Chlorausscheidung sich vom 2. zum 3. Versuchstage nur wenig ändert, so schien mir eine Versuchszeit von 3 Tagen zur Entscheidung der Frage zu genügen, ob auch das schwefelsaure Kali die Chlor- und Natronausscheidung vermehre oder nicht. Es wurde daher, nachdem zwei Tage lang die constante Diät eingehalten worden, am dritten Tage bei derselben Diät das schwefel-

1) Husemann, Handb. d. Toxikologie. Berlin 1862. p. 960. Wenn diese Angaben richtig sind, so kann es sich dabei nur um eine Gastroenteritis toxica handeln, wie ich in meiner früheren Arbeit (Pflüger, Arch. f. Physiol. 1871. Bd. IV. p. 275—277) bereits auseinandergesetzt habe. Auch bei den vorliegenden Versuchen habe ich keine andere toxische Wirkung verspüren können, als eine Affection der Magen- und Darmschleimhaut, welche sich in einem vorübergehenden Gefühle von Uebelkeit und bei den Versuchen I und IV in Durchfällen äusserte. Grössere Dosen, als die in Vers. I u. II eingenommenen (7.3 Grmm. KO) wären ohne Zweifel erbrochen worden. Meine in der früheren Arbeit ausgesprochene Ansicht, dass ein Einfluss der Kalisalze auf die Herzthätigkeit des Menschen bei der Resorption vom Magen aus nicht möglich sei, muss ich somit auch nach diesen Versuchen aufrecht erhalten. Denn diejenigen Dosen, welche gerade noch ertragen werden, ohne Erbrechen zu bewirken, sind thätlich ganz ohne Einfluss auf die Herzthätigkeit.

saure Kali in der oben angegebenen Weise in sehr verdünnter Lösung eingenommen.

Um auch in diesem Versuche ein annäherndes Maass für den Stoffwechsel zu haben, — als welches man in den früheren Versuchen die Schwefelsäure ansehen konnte — wurde die Harnstoffausscheidung bestimmt. Die Bestimmung geschah durch Titiren nach vorhergegangener Ausfällung der Phosphorsäure und des Chlors.

Das Resultat des Versuches überblickt man auf folgender Tabelle.

Tabelle IV.

Versuchs- tag	Datum	Harn- volumen in C. C.	KO	NaO	Cl	PO ₅	SO ₃	U
2.	13. Oct.	2555	2,2995	3,1836	3,1671	2,9482	2,3993	41,6
3.	14. "	2552	7,8642	3,5140	5,4035	2,8773	4,1898	40,8

Die Chlorausscheidung ist durch die Aufnahme des Kalisalzes um 2.2 Grmm., entsprechend 3.6 Grmm. Kochsalz, vermehrt worden. Man sieht somit, dass dem Organismus auch durch allmälige Aufnahme geringer Mengen Kalisalzes sehr bedeutende Mengen Kochsalzes entzogen werden. Die Natronausscheidung im Harne des dritten Tages beträgt bloß 0.33 Grmm. mehr als am zweiten Tage; die durch die Kaliaufnahme bewirkte Mehrausscheidung im Harne muss jedoch etwas grösser angenommen werden, da ohne diese Ursache die Natronausscheidung am dritten Tage etwas geringer ausgefallen wäre als am zweiten. Die dem Organismus entzogene Natronmenge aber muss weit mehr betragen als 0.33 Grmm.; sie muss der Chlormehrausscheidung von 2.2 Grmm. wenigstens äquivalent sein. Dass die Natronmehrausscheidung im Harne so gering ausgefallen ist, muss dem Umstände zugeschrieben werden, dass das Natron in Folge der abführenden Wirkung des schwefelsauren Kali's als schwefelsaures und kohlen-saures Natron durch den Darm entleert worden ist. Dafür spricht auch die geringe Vermehrung der Schwefelsäure im Harne, sie beträgt bloss 1.8 Grmm., obgleich 7.35 Grmm. aufgenommen sind.

Aus einer vermehrten Diffusion und Filtration in den Nierencapillaren, aus einer mechanischen Verdrängung und Forttreissung des Kochsalzes durch das Kalisalz lässt sich die vermehrte Chlor- und Natronausscheidung in diesem Versuche jedenfalls nicht erklären, weil in dem Falle im Harne die Natronmehrausscheidung der Chlormehrausscheidung wenigstens hätte äquivalent sein müssen. Wir müssen daher eine chemische Umsetzung des KSO₄ mit dem NaCl annehmen. Ob diese Umsetzung vorherrschend im Verdauungs-canale oder vorherrschend im Blute vor sich gegangen ist, lässt sich nach diesem Versuche nicht mit Sicherheit entscheiden. Die geringe Vermehrung der Natronausscheidung im Harne scheint für die erstere Annahme zu sprechen.

Mit Versuchen über das Verhalten des Chlorkaliums im Organismus bin ich gegenwärtig beschäftigt. Da die Resultate derselben zur Veröffentlichung noch nicht reif sind, so theile ich vorläufig bloß mit, dass das Chlorkalium dem Organismus gleichfalls Natron entzieht, wahrscheinlich durch Umsetzung mit dem phosphorsauren und kohlen-sauren Natron oder dem Natronalbuminat. Die entzogene Natronmenge aber ist bedeutend geringer als nach der Aufnahme äquivalenter Mengen der anderen zur Untersuchung gelangten Kalisalze. Dass durch die Aufnahme des Chlorkaliums die Phosphorsäureausscheidung vermindert wird, wurde oben bereits angeführt.

Als bewiesen durch die vorliegenden Versuche will ich nur soviel angesehen wissen, dass durch die Aufnahme von Kalisalzen dem Organismus bedeutende Mengen Chlor und Natron entzogen werden. Dass diese Entziehung durch chemische Umsetzung der Kali- und Natronverbindungen zu Stande kommt, kann kaum bezweifelt werden. Ueber das Wo und Wie des Zustandekommens dieser Umsetzungen haben dagegen die Versuche noch keineswegs sichere und befriedigende Aufschlüsse ertheilt. Zur Erlangung derselben müssen die Versuche wiederholt und längere Zeit hindurch fortgesetzt, vor Allem aber auch die

Darmausscheidungen der Analyse unterworfen werden. Ferner muss durch weitere Versuche entschieden werden, ob auch einem solchen Organismus, welcher längere Zeit hindurch mit Speisen ohne Kochsalzzusatz ernährt worden ist, durch die Aufnahme von Kalisalzen Chlor und Natron entzogen wird, und ob bei wiederholter Kalisalzaufnahme der Organismus fortfährt, Chlor und Natron abzugeben, oder ob schliesslich eine Grenze eintritt, wo derselbe das noch übrige Kochsalz mit Zähigkeit zurückhält. — Die Ausführung dieser mühevollen Versuche muss einer gelegeneren Zeit vorbehalten bleiben. —

Die Bedeutung des Kochsalzes.

Kehren wir nun zu den im Eingange der Arbeit angestellten Betrachtungen über die Bedeutung des Kochsalzes als Nahrungsmittel zurück. Zur Erklärung der Thatsache, dass das Bedürfniss, Kochsalz zur Nahrung hinzuzufügen, bloss bei Pflanzenfressern vorhanden ist, nicht aber bei Fleischfressern, wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Kalisalze, von denen der Pflanzenfresser in seiner Nahrung wenigstens doppelt soviel aufnimmt als der Fleischfresser, dem Organismus fortwährend Kochsalz entziehen. Diese Hypothese wird durch die mitgetheilten Versuche vollkommen bestätigt. Die in den Versuchen I und II aufgenommene Kalimenge, durch welche dem Organismus so bedeutende Mengen Kochsalz entzogen wurden, ist nicht grösser als diejenige, welche der Pflanzenfresser in seiner täglichen Nahrung aufnimmt.

In dem Versuche I wurden in der Nahrung und im Kalisalze zusammen aufgenommen: 21.76 Grmm. KO, 1.91 NaO und 2.31 Cl. Das Körpergewicht betrug 61 Kgr.; auf 1 Kgr. kamen somit:

0.3567 KO 0.0313 NaO 0.03787 Cl

Auf 1 Kgr. Pflanzenfresser kommen nach der oben (p. 7) angestellten Berechnung bei Ernährung mit Klee täglich:

0.3575 KO 0.0226 NaO 0.0433 Cl.

Die aufgenommene Kali- und Chlormenge ist somit für beide Organismen dieselbe, die Natronmenge für den Organismus des

Pflanzenfressers sogar noch geringer. Meinem Organismus wurden durch die Aufnahme der 21.76 Grmm. KO 5.1 Grmm. NaO und 3.4 Grmm. Cl entzogen. Es erscheint daher fraglich, ob der Ochse, welcher in seinem täglichen Kleefutter 179.63 Grmm. KO aufnahm, dieses zur Erhaltung seines Körpergewichtes erforderliche Futter längere Zeit hindurch hätte verzehren können, wenn ihm nicht, wie Henneberg und Stohmann angeben (l. c. p. 33), 0.1 Pfd. = 50 Grmm. Kochsalz zu seiner täglichen Nahrung hinzugefügt worden wären¹⁾. Allerdings muss hierbei bemerkt werden, dass die Resorption der Salze aus der Nahrung des Pflanzenfressers weniger rasch und vollständig vor sich geht. Aber der Versuch IV lehrt, dass auch die geringe Menge von 8.65 Grmm. KO bei allmäliger Resorption dem Organismus dennoch 2.2 Grmm. Cl = 3.6 Grmm. Kochsalz entzieht.

Was nun die verschiedenartigen Nahrungsmittel des Menschen betrifft, so lehrt eine vergleichende Analyse ihrer Aschenbestandtheile, dass in denselben gleichfalls der Kaligehalt den des Natrons und Chlors meist bedeutend überwiegt. In der folgenden Zusammenstellung lässt sich der Kali-, Natron- und Chlorgehalt der wichtigsten Nahrungsmittel des Menschen und der Thiere überblicken. Es werden dabei äquivalente Mengen der genannten Aschenbestandtheile verglichen. Die Nahrungsmittel sind nach aufsteigendem Kaligehalte geordnet. Die Zahlenangaben sind, wo nicht ein anderer Autor angeführt ist, nach den in Wolff's „Aschenanalysen“ zusammengestellten Durchschnittswerthen berechnet.

Auf 1 Aequivalent Natron kommen Aequivalente

	Kali	Chlor	Zahl der Analysen
Ochsenblut	0.11	0.63	5
Hühnereiweiss	0.65	0.80	3
Hühnereidotter	1.04	0.28	3

1) „Nach den Angaben von Boussingault konnten Stiere bei gleichzeitigem Salzzusatz mehr Heu verzehren und mehr Fleisch produciren, als ohne diesen Zusatz; das Gleiche geben Daurier und Dailly von Hämmeln an.“ (C. Voit, Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel. München 1860. p. 18).

	Kali	Chlor	Zahl der Analysen
Gesammtorganismus der Maus	1.27	0.77	2 (Bunge)
Kuhmilch	1.67	1.29	4
Saure Gräser (Riedgräser) .	2.36	0.70	17
Kuhmilch	2.41	1.89	2 (Dumppff) ¹⁾
Buchweizen	2.48	0.19	3
Rindfleisch	3.38	0.77	2 (Bunge)
Wiesenheu	3.79	1.42	39
Weisskraut	4.81	1.21	4
Hafer	4.81	0.23	23
Gerste	5.24	0.32	50
Süssgräser	5.32	1.25	65
Weizen	9.63	0.15	112
Klee	10.42	1.67	98
Roggen	12.18	0.31	20
Kartoffel	15.16	1.04	53
Ackerbohne	20.87	1.02	15
Erbsen	28.64	1.40	29

Man überblickt leicht, dass nur in der Nahrung des Carnivoren die Kalimenge der Natronmenge annähernd äquivalent ist, in der Nahrung des Herbivoren und Omnivoren dagegen erstere die letztere bedeutend überwiegt. Das von ganzen Organismen sich nährenden Raubthier empfängt in seiner Nahrung auf 1 Aequivalent Natron nur wenig mehr als 1 Aequivalent Kali und nahezu 1 Aequivalent Chlor. Dem Organismus kann durch diese Nahrung kein Kochsalz entzogen werden; denn da die Umsetzung der Kali- mit den Natronsalzen nie eine vollständige ist, so ist weniger als 1 Aequivalent Natron und Chlor erforderlich, um den durch die Umsetzung eines Aequivalentes Kalisalz mit den Natronsalzen des Organismus bewirkten Verlust zu decken.

Dass indessen der Kaliüberschuss in der Nahrung auch grösser sein kann, ohne dem Organismus Kochsalz zu entziehen, lehrt die

1) Diese zwei Aschenanalysen sind von dem Cand. chem. L. Dumppff in dem Laboratorium des Herrn Prof. C. Schmidt ausgeführt worden.

Aschenanalyse der Milch¹⁾, derjenigen Nahrung, welche jedenfalls ohne Kochsalzzusatz von allen Säugethieren während einer längeren Periode ihrer Entwicklung ausschliesslich genossen wird. Die Kuhmilch enthält auf 1 Aequivalent NaO $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Aequivalente KO. Dass durch diese Kalimenge dem Organismus des Kalbes kein Kochsalz entzogen wird, erklärt sich daraus, dass erstens die Umsetzung der Kali- und Natronsalze immer nur eine theilweise, und dass zweitens die Milch sehr reich an Chlor ist, wobei ich daran erinnere, dass nach meinen vorläufigen Versuchen das Chlorkalium dem Organismus weniger Natron entzieht, als andere Kalisalze.

Wie man sich durch einen Blick auf die obige Tabelle leicht überzeugt, kann die gemischte Nahrung des Menschen so zusammengesetzt werden, dass das Verhältniss von Kali und Natron in der Gesamtnahrung dasselbe ist, wie in der Milch. Ich möchte daher annehmen, dass wir bei richtiger Auswahl der Nahrungsmittel eines Zusatzes von Kochsalz nicht bedürfen. Bei vorwiegender Ernährung mit den am Ende der Tabelle angeführten Vegetabilien aber glaube ich würde ohne Kochsalzzusatz die normale Chlor- und Natronmenge im Organismus sich nicht erhalten lassen. Am 5. Versuchstage des Versuches I verhielt sich das aufgenommene Kali zum Natron = $21.76 : 1.91 = 7.5 \text{ Aeq.} : 1 \text{ Aeq.}$ Dem Blute wurde dabei die Hälfte seines Kochsalzes entzogen. Im Weizen, im Roggen, in der Kartoffel und den Samen der Leguminosen ist, wie die Tabelle zeigt, das Verhältniss des Kali's zum Natron noch weit grösser²⁾, nämlich = 12 bis 28.6 Aeq. : 1 Aeq. Die abso-

1) Leider besitzen wir nur von der Kuhmilch zuverlässige Aschenanalysen. Von der Asche der Menschenmilch liegen blos zwei Analysen vor (Wildenstein, Pfaff und Schwarz), welche ganz widersprechende Resultate ergeben haben. Die Milch asche eines Fleischfressers ist meines Wissens noch nie analysirt worden. — Von der Milch asche des Schafes, des Schweines und des Kameeles besitzen wir je eine Analyse, deren Richtigkeit erst durch weitere Analysen bestätigt werden muss.

2) Diese Nahrungsmittel sind zugleich die stärkemehreichsten, und Liebig hat bereits darauf aufmerksam gemacht, „dass der Instinkt der stärkemehreichen Nahrung Kochsalz in weit grösserer Menge zusetzt, als anderen Speisen“, er sucht diese Thatsache jedoch nicht aus dem Kalireichthum solcher Nahrungsmittel zu erklären, sondern aus dem chemischen Verhalten des aus dem Stärkemehl gebildeten Traubenzuckers zum Kochsalze.

lute Kalimenge, welche ein Proletarier in seiner täglichen Kartoffelnahrung zu sich nimmt, beträgt, wie ich in einer früheren Arbeit¹⁾ bereits berechnet habe, 20 bis 40 Grmm., ist somit wenigstens ebenso gross als in dem angeführten Versuche. Das Verhältniss aber von Kali und Natron in der Kartoffel ist nach obiger Tabelle im Durchschnitt = 15 Aeq. : 1 Aeq., somit doppelt so gross als in meinem Versuche. Ferner ist das Kali in der Kartoffel an dieselben Säuren gebunden, wie in den Kalisalzen der Versuche I und II. Die in der Kartoffel enthaltenen Kalisalze sind — neben geringen Mengen Chlorkalium — das phosphorsaure und das citronensaure²⁾ oder äpfelsaure³⁾ Kali, welches letztere sich im Organismus ebenso verhält wie das citronensaure. Ohne Kochsalzzusatz zur Nahrung würde somit der Organismus eines von Kartoffeln sich nährenden Proletariers sich an jedem Tage so verhalten, wie der meinige am 5. Versuchstage des Versuches I und II. In der That erscheint uns die Kartoffel ohne Salz ungeniessbar und wird überall nur mit stark gesalzenen Zuthaten genossen.

Es verdient beachtet zu werden, dass gerade diejenigen Nahrungsmittel, welche die letzten Glieder der obigen Tabelle bilden, die vorherrschende Nahrung der Arbeiterbevölkerung Europa's ausmachen. Dass bei dieser Nahrung ein Kochsalzzusatz nicht entbehrt werden kann, ist kaum zu bezweifeln, und da das Proletariat nicht im Stande ist, sich andere Nahrungsmittel zu verschaffen, so ist für dieses das Kochsalz ein unentbehrliches Lebensmittel.

Für das Proletariat kann ich daher die Annahme Klein's und Verson's⁴⁾ jedenfalls nicht gelten lassen, dass „das Kochsalz als Zusatz zu den Speisen ein Genussmittel sei, welches die Menschen nur insofern nicht entbehren können, als starke Raucher den Tabak und viele andere Menschen gewohnte Genüsse nicht entbehren können oder wollen.“ Nach Ansicht dieser Forscher wäre die Salz-

1) l. c. p. 275.

2) Liebig, Chem. Briefe 1865, p. 300.

3) Fr. Ilisch, Bestimmung der in den Knollen der Kartoffeln enthaltenen Säuren. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1844, Bd. 51, p. 246.

4) Ueber die Bedeutung des Kochsalzes für den menschlichen Organismus. (Wiener Sitzungsber. Math.-Nat. Cl. 1867, Bd. IV, Abth. II, p. 641.)

steuer eine Luxussteuer. Nach den vorliegenden Versuchen aber erscheint sie für das Proletariat als die Besteuerung einer unentbehrlichen Lebensbedingung.

Was nun die Nahrung der wildlebenden Pflanzenfresser betrifft, so lehrt die obige Tabelle, dass es auch für diese Nahrungsmittel gibt, wie die Riedgräser, in denen das Verhältniss des Kali zum Natron dem in der Milch gleich kommt. Auch im Wiesenheu, einem Gemenge der verschiedensten Kräuter, entfernt sich das Verhältniss des Kali zum Natron nicht sehr weit von dem in der Milch; das Verhältniss des Chlors zum Natron ist dasselbe wie in der Milch. Unter den unzähligen Pflanzenstoffen, welche die Thiere auf ihren Weideplätzen vorfinden, gibt es unzweifelhaft viele, deren Natron- und Chlorgehalt im Verhältniss zum Kaligehalte noch grösser ist, als in der Milch. Ich bin daher geneigt, anzunehmen, dass die Thiere, wenn sie sich kein Kochsalz verschaffen können, instinktmässig unter allen Nährpflanzen die natronreicheren, kaliärmeren aussuchen, bei erlangtem Kochsalze aber weniger wählerisch in ihrer Nahrung sein können. Die Bedeutung des Kochsalzes wäre demnach für die Pflanzenfresser, wie für den Menschen darin zu suchen, dass sie durch den Genuss desselben in den Stand gesetzt werden, den Kreis ihrer Nahrungsmittel zu erweitern.

Alle diese Erklärungsversuche sind indessen rein hypothetisch und die schwierige Frage nach der Bedeutung des Kochsalzes ist durch dieselben keineswegs als gelöst zu betrachten. Auch ist bei diesen Untersuchungen der Nutzen des Kochsalzes für den Organismus nur in einer Beziehung in Frage gekommen, während derselbe doch ein vielfacher sein könnte. Immerhin aber bleibt es eine beachtenswerthe Thatsache, dass die Kalisalze dem Organismus Kochsalz entziehen, und dass das Bedürfniss, Kochsalz zur Nahrung hinzuzufügen, unter allen Thieren nur an denjenigen beobachtet wird, in deren Nahrung der Kaligehalt den Natrongehalt bedeutend überwiegt.

Methode der Harnanalyse.

Zur Bestimmung der Alkalien im Harn wurde ein dreifacher Weg eingeschlagen.

1. Es wurden 100 bis 200 ^{cc}. Harn mit Barytwasser eingedampft, der Rückstand bei beginnender Rothgluth verkohlt, mit heissem Wasser extrahirt und auf dem Filter ausgewaschen. Das Filtrat wurde nochmals eingedampft und mit heissem Wasser aufgenommen, wobei sich stets noch eine bedeutende Menge alkalischer Erden abschied, durch ein kleines Filter filtrirt und das Filtrat mit Salzsäure eingedampft, die Chloralkalien schwach geglüht, gewogen und mit Platinchlorid getrennt.

Oder es wurde 2) der Harn mit Barytwasser versetzt, durch einen Kohlensäurestrom der überschüssige Baryt gefällt, filtrirt, der Barytniederschlag ausgewaschen, das Filtrat eingedampft, verkohlt etc. Nach dieser Methode ist das Auswaschen des ersten Barytniederschlages weit weniger zeitraubend als nach der ersten Methode.

Vollständig ersparen kann man sich diese Operation dadurch, dass man 3) ein genau gemessenes Harnvolumen mit einem genau gemessenen Barytvolumen — meist genügt auf 1 Vol. Harn $\frac{1}{2}$ Vol. Barytlösung — in einem enghalsigen Ballon zusammenbringt, CO₂ durchleitet und durch ein trockenes Filter in einen Ballon hineinfiltrirt. 150 ^{cc}. des Filtrates, entsprechend 100 ^{cc}. Harn, wurden dann eingedampft, verkohlt etc.

Im Harn vom 4. Versuchstage des Versuches II erhielt ich:

nach der 1. Methode aus 100 ^{cc} .	0.3984	KCl + NaCl;	daraus	0.5016	KCl, PtCl ₂ ,
" " 3. " " "	0.4025	" " "	"	0.5015	" "

Im Harn am fünften Versuchstage des Versuches II erhielt ich:

nach der 1. Methode aus 100 ^{cc} .	1.3890	KCl + NaCl;	daraus	2.8298	KCl, PtCl ₂ ,
" " 2. " " "	1) 1.3953	" " "	"	2.8274	" "
" " " " "	2) 1.3916	" " "	"	2.8400	" "
" " 3. " " "	1.4042	" " "	"	2.8290	" "

In dem Harn jedes Versuchstages wurden wenigstens 2 Bestimmungen der Alkalien ausgeführt; falls dieselben nicht genau stimmten, wurden weitere Bestimmungen gemacht, und schliesslich

wurde von allen gut übereinstimmenden Resultaten das arithmetische Mittel genommen.

Die Chlorbestimmungen wurden nach drei Methoden ausgeführt.

1. 100 bis 200 ^{cc}. Harn wurden mit reinem (vollkommen chlorfreiem) kohlensauren Natron versetzt, eingedampft, bei beginnender Rothgluth verkohlt, mit heissem Wasser extrahirt, filtrirt und der Rückstand auf dem Filter mit heissem Wasser ausgewaschen. Das Filtrat wird mit Salpetersäure versetzt, das Chlor mit Silberlösung gefällt und der Niederschlag auf einem gewogenen Filter gesammelt.

2. Der Harn wird direkt mit Salpetersäure und Silberlösung versetzt, erwärmt, das Chlorsilber auf einem Filter gesammelt und mit heissem Wasser ausgewaschen. Da jedoch die Harnsäure und andere organische Stoffe sich durch Auswaschen nicht vollständig entfernen lassen, so wurde der auf dem Filter getrocknete Niederschlag auf ein Stück Glanzpapier gebracht, das Filter in einem Porcellantiegel eingäschert, der Niederschlag hinzugefügt, und bis zur völligen Zerstörung aller organischen Stoffe geglüht, darauf längere Zeit hindurch mit Salpetersäure auf dem Dampfbade digerirt, das gelöste Silber mit Salzsäure gefällt, eingedampft, nochmals geglüht und gewogen. — Da das zweimalige Glühen des Niederschlages, sowie das Digeriren mit Salpetersäure und das Eindampfen sehr zeitraubend ist, so wurde auch folgender Weg eingeschlagen.

3. Ein genau gemessenes Volumen Harn wird mit einem genau gemessenen Volumen Salpetersäure versetzt und 24 Stunden in der Kälte stehen gelassen, wobei sich der grösste Theil der Harnsäure ausscheidet. Die klare Lösung wird mit der Pipette abgehoben. Ein bestimmtes Volumen derselben entspricht einem bestimmten Volumen Harn. Diese Mischung von Harn und Salpetersäure wird mit Silberlösung versetzt, erwärmt und der gebildete Niederschlag mit heissem Wasser auf einem gewogenen Filter ausgewaschen. Die auf diesem Wege gewonnenen Werthe fallen aber dennoch stets ein wenig zu hoch aus, da der Silberniederschlag immer etwas organische Substanz mit Zähigkeit zurückhält, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man den getrockneten Niederschlag glüht; es entweichen dabei stets Destillationsprodukte, wenn auch in weit

geringerer Menge als aus dem nach der zweiten Methode erhaltenen Niederschlage.

Da die nach der Methode 1 gewonnenen Werthe leicht etwas zu niedrig ausfallen, so kommt das Mittel aus einer nach der Methode 1 und einer nach der Methode 3 ausgeführten Bestimmung dem absolut richtigen Werthe sehr nahe. Es wurde die Chlorbestimmung in dem Harn eines jeden Versuchstages wenigstens nach zweien dieser Methoden ausgeführt.

100^{cc} Harn gaben:

nach der 1. Methode 1.6321 AgCl

„ „ 3. „ 1.6350 „

100^{cc} Harn (Vers. I. Tag V) gaben:

nach der 1. Methode 1.1180 AgCl

„ „ 3. „ 1.1241 „

100^{cc} Harn (Vers. III Tag IX) gaben:

nach der 1. Methode 0.2492 AgCl

„ „ 3. „ 0.2491 „

Beim Einäschern mit Baryt oder mit Salpeter habe ich stets zu niedrige und unter einander schlecht übereinstimmende Werthe erhalten.

Zur Bestimmung der Phosphorsäure wurde ein zweifacher Weg eingeschlagen.

1. 150 bis 300^{cc} Harn wurden mit essigsaurem Ammon versetzt und die PO₅ durch Zusatz einer titrirten Eisenchloridlösung und Kochen gefällt, der Niederschlag auf dem Bunsen'schen Filter mit heissem, etwas essigsaures Ammon enthaltendem Wasser ausgewaschen, getrocknet und geglüht. Da beim Glühen das Eisenoxyd und das phosphorsaure Eisenoxyd zum Theil reducirt wird, so wurde der geglühte Niederschlag einen Tag lang mit Salpetersäure auf dem Dampfbade digerirt, eingedampft und nochmals geglüht. Dabei fand stets eine nicht unbedeutende Gewichtszunahme statt.

Ein Fehler könnte bei dieser Bestimmungsmethode dadurch entstehen, dass mit dem phosphorsauren Eisen oxalsaure Kalk herausfällt. Aber der Harn mehrerer Versuchstage, welchen ich darauf prüfte, enthielt Oxalsäure nur in kaum nachweisbaren Spuren.

Ferner könnte ein Fehler dadurch entstehen, dass ein Theil des Eisenoxydes durch Zucker oder andere organische Stoffe in Lösung erhalten wird; aber ich habe im Filtrat des Eisenniederschlages niemals Eisen nachweisen können. —

2. 150^{cc} Harn werden mit Ammoniak und der gewöhnlichen Mischung von Chlorammonium, Ammoniak und schwefelsaurer Magnesia versetzt; am folgenden Tage wird der gebildete Niederschlag auf einem Filter gesammelt, mit ammoniakhaltigem Wasser ausgewaschen, getrocknet, geglüht und als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen. Das Filtrat wird gemessen und für je 54^{cc} 0.001 Grmm. Mg₂ PO₇ hinzugerechnet.

Diese Bestimmungsmethode muss etwas zu hohe Werthe ergeben, weil mit der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia auch der phosphorsaure Kalk herausfällt. Dieser Fehler ist jedoch sehr gering; denn die im täglichen Harn ausgeschiedene Kalkmenge betrug durchschnittlich bloß 0.17 Grmm. = 0.3137 Ca₃ PO₈ = 0.1437 PO₅; berechnet man die 0.3137 Ca₃ PO₈ als Mg₂ PO₇, so findet man 0.2005 PO₅; somit beträgt der Fehler, welchen man begeht, indem man die Phosphorsäure ohne vorhergegangene Ausfällung des Kalkes als pyrophosphorsaure Magnesia bestimmt: 0.2086 — 0.1437 = 0.0569 Grmm. für die Gesamtmenge des an einem Tage ausgeschiedenen Harnes. Dieser Fehler wird dadurch noch verringert, dass der phosphorsaure Kalk in Ammoniaksalz-haltigen Lösungen leichter löslich ist, als die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

100^{cc} Harn (Vers. I Tag V) gaben:

nach der 1. Methode = 0.3323 PO₅

„ „ 2. „ 0.5161 Mg₂PO₇ = 0.3301 „

Zur Bestimmung der Schwefelsäure wurden 100^{cc} Harn in einer Platinschale mit Salzsäure und Chlorbaryum versetzt und ca. 20 Minuten lang auf dem Dampfbade erhitzt, durch ein Filter decantirt, der in der Platinschale zurückbleibende Niederschlag mehrmals mit heissem Wasser und mit verdünnter Salzsäure digerirt (um ihn von dem mitgerissenen Chlorbaryum zu befreien) und zuletzt auf dem Filter so lange mit heissem Wasser ausgewaschen, bis das

Filtrat sich mit Silberlösung nicht mehr trübt. Der getrocknete und geglühte Niederschlag wird mit ein paar Tropfen concentrirter Schwefelsäure versetzt, nochmals geglüht und gewogen.

Da die beim Erkalten auf dem Filter sich ausscheidende Harnsäure die Filtration sehr verlangsamte, so wurde die Bestimmungsweise meist dahin geändert, dass die Harnsäure zuvor durch 24stündiges Stehen eines, mit einem gemessenen Volumen Salzsäure versetzten, gemessenen Harnvolumens ausgeschieden wurde.

150^{cc}. Harn gaben:

nach vorhergegangener Ausfällung der U	0.5971	BaSO ₄
ohne vorhergegangene	0.5946	BaSO ₄

Dorpat, am 24. December 1872.

THESEN.

1. Es giebt keine Materie.
2. Jedes Atom ist unendlich gross.
3. Leben ist ein Wort, mit welchem wir keinen Begriff verbinden.
4. Elektrische Vorgänge im Organismus sind bisher nur an einigen Fischen nachgewiesen.
5. Die von *Fechner* und dessen Vorgängern aufgestellte functionelle Beziehung zwischen Reiz und Empfindung beruht auf einer grundlosen Voraussetzung.
6. Das normale Blut des Menschen reagirt sauer.
7. Der Magen des Menschen enthält während der Verdauung freie Schwefelsäure.
8. Dass die Fleischbrühe mit dem Thee, Kaffee und Alkohol in eine Kategorie der Genussmittel gehöre, ist eine grundlose Behauptung.
9. Unter allen denkbaren indirecten Steuern ist die Salzsteuer die ungerechteste.