

Weitere Mitteilungen über Stickstoffretentionen bei Fütterung von Ammoniaksalzen.

(Nach Versuchen am Schwein.)

Von
E. Grafe.

(Aus der medizinischen Klinik in Heidelberg.)
(Der Redaktion zugegangen am 21. September 1912.)

In den früheren Mitteilungen über den gleichen Gegenstand¹⁾ war festgestellt worden, daß die Verfütterung von Ammoniaksalzen zugleich mit einer Kost, die nur Spuren von Eiweiß enthält, aber einen den Bedarf der Tiere kalorisch weit überwiegenden Gehalt an Zucker und Stärke besitzt, zu einer, gegenüber der Vorperiode, ohne Ammoniaksalze sehr erheblichen Stickstoffretention führt. In einer 15tägigen Periode gelang es, ein vollkommenes N-Gleichgewicht zu erzielen.

Der Ausfall des langen Versuches sprach mit großer Wahrscheinlichkeit für die Annahme, daß es sich nicht um eine einfache Retention von Ammoniak handelt, sondern daß dieser Körper in irgend einer Weise eiweißsparend gewirkt hatte. Über den Mechanismus dieses Vorgangs konnten wir nur ganz unverbindliche Vermutungen äußern.

¹⁾ Grafe, Vortrag in der Sitzung des Naturhistor.-Mediz. Vereins Heidelberg vom 23. Jan. 1912. Ref. Münch. Mediz. Woch., Nr. 9, S. 501. 1912; Grafe und Schläpfer, Diese Zeitschrift, Bd. 77, S. 1 ff., 1912; Grafe, Vortrag auf dem 29. Kongreß f. Innere Medizin, April 1912 (Verhandlungen S. 507 u. ff.); Grafe, Diese Zeitschrift Bd. 78, H. 6, S. 485.

Leider sind in dieser letzteren Arbeit bei der Korrektur in den Zahlen einige Druckfehler stehen geblieben, die sich z. T. auch in der Arbeit mit Schläpfer finden:

Bd. 78, H. 6 lies: S. 487 Anmerk. ²⁾ statt 500 50 ccm. S. 505: 29. Versuchstag Stab 11: 1,454 statt 1,674, Stab 13: + 0,410 statt + 0,210. 30. Versuchstag Stab 11: 1,681 — statt 1,531. 37. Versuchstag Stab 7: 0,1156 statt 0,1456. S. 507 14. Stab: 0,435 statt 0,445. S. 509. 87. Versuchstag Stab 13: — 0,579 statt — 0,549. S. 509, Stab 14: 2,341 statt 2,311. 0,33 statt 0,37.

Da wir uns wegen der Rubnerschen Untersuchungen über die Abnutzungsquote nicht recht vorstellen konnten, daß infolge der Ammoniakfütterung überhaupt viel weniger Eiweiß bzw. gar kein Eiweiß zerfällt, und da andererseits die Synthese von Aminosäuren durch die Versuche von Knoop und Embden erwiesen ist, hielten wir für möglich, daß Ammoniak für die Synthese von Eiweiß verwandt werden kann. Dabei haben wir die Frage, welche Aminosäuren und ob alle Aminosäuren, insbesondere z. B. das Tryptophan, synthetisch aus Kohlenhydraten und Ammoniak hergestellt werden können, ganz offen¹⁾ gelassen.

Es ist daher nicht ganz zutreffend, wenn Abderhalden in seiner Arbeit mit A. Lampe²⁾ schreibt, ich sei geneigt, die von mir beobachtete Stickstoffretention im Sinne einer Verwertung des zugeführten Ammoniaks zur Bildung sämtlicher dazu nötigen Aminosäuren zu deuten.

Abderhalden³⁾ und seine Mitarbeiter haben sich unabhängig von uns mit dem gleichen Problem beschäftigt. In den prinzipiell wichtigsten Punkten besteht zwischen Abderhalden und mir vollkommene Übereinstimmung: Abderhalden fand auch Stickstoffretention und deutet diese ebenfalls als eine Eiweißersparnis durch das verfütterte Ammoniak. Differenzen bestehen nur in zweifacher Richtung: einmal betreffs der Größe der erzielten N-Retentionen und ferner in der Auffassung von dem Mechanismus der eiweißersparenden Wirkung der Ammoniaksalze.

Was den ersten Punkt betrifft, so waren in meinen Versuchen die Stickstoffretentionen in der Regel viel größer, wie in den von Abderhalden mitgeteilten Reihen. Aber auch in diesen selbst bestanden starke Differenzen. In den günstigsten Fällen betrug der N-Verlust pro die nur 0,15 g gegenüber 1,0—1,5 g in der Vorperiode ohne Ammoniak, es bestand also nahezu ein N-Gleichgewicht; in einem Teil der späteren Versuche war eine erhebliche N-Retention überhaupt nicht zu erkennen.

¹⁾ Vgl. Diese Zeitschrift, Bd. 78, S. 497 u. 498, 1912.

²⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 80, S. 160.

³⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 77, H. 1, Bd. 80, H. 2 u. 3, S. 136 u. ff. 1912.

Obwohl die weitesten Differenzen sich in Abderhaldens eigenen Versuchen finden, war Abderhalden geneigt, die von uns erzielten günstigeren Bilanzen darauf zurückzuführen, daß wir, wie er glaubte, für das von uns verwandte Mercksche Ammoniumcitrat einen zu hohen Wert an Stickstoff (17%) in Rechnung stellten.

Er stützte sich dabei auf eine Angabe in unserer Arbeit, daß wir nicht mehr als 3,53 g N (entsprechend ca. 20 g Ammoniumcitrat) pro die verfüttert hätten.

Auf meine Bitte hat Herr Professor Abderhalden sich lebenswürdigerweise bereit erklärt, diese Angelegenheit selbst zu berichtigen.

Trotzdem möchte ich aber, um keinen Zweifel aufkommen zu lassen, hier noch einmal selbst genau feststellen, wie wir bei der N-Bestimmung der Ammonsalze vorgegangen sind.

Da uns die große Neigung des Ammoncitrates, Wasser anzuziehen, wohl bekannt war und uns nur die Mengen des darin enthaltenen Stickstoffs interessierten, haben wir die Salze, wie auch in unserer Arbeit¹⁾ angegeben steht, stets in schwach salzsaurer Lösung verfüttert. In diesen Lösungen, die meist für mehrere Versuchstage im Eisschrank aufbewahrt wurden, haben wir den Stickstoffgehalt bestimmt und in Rechnung gesetzt, und nicht etwa aus der Formel berechnet.

Es finden sich daher in unseren Tabellen auch nur Angaben über die verfütterten N-Mengen, nicht etwa über die verfütterten Gramm-Substanz, deren Zusammensetzung wir gar nicht untersucht haben.

Daher konnte die Zahl 3,53 g N auch nicht angeben, daß wir in dem von uns benutzten Präparate in ca. 20 g diesen Wert gefunden hatten, sie konnte nur besagen, daß ca. 20 g chemisch reines Ammoncitrat theoretisch 3,53 g N enthält.

Im einzelnen wurde folgendermaßen verfahren: 100–150 g Ammoniumcitrat wurden abgewogen und in 400–600 ccm destilliertem Wasser gelöst und einige Kubikzentimeter verdünnter Salzsäure bis zur deutlich sauren Reaktion hinzugefügt. Von dieser Lösung, die gewöhnlich für

¹⁾ Grafe und Schläpfer, l. c., S. 5.

1—2 Wochen reichte, wurden täglich je nach Bedarf 25—100 ccm mit einer genau geeichten Pipette entnommen und dem Futter zugesetzt. Durch N-Bestimmungen in der Lösung überzeugten wir uns von Zeit zu Zeit, daß der Gehalt konstant geblieben war. Als Belege teilen wir im Anhang 2 Analysenprotokolle mit.

Der beste Beweis dafür, daß die von uns gewählte Art der Verfütterung und Berechnung des Ammoncitrates, welche wohl die einfachste und genaueste ist, genau zu dem gleichen Resultat führt, wie wenn man die Salze in Substanz verfüttert und analysiert, sind die in dieser Mitteilung wiedergegebenen Versuche am Schwein.

Die Ursache, warum die N-Bilanz in den Versuchen von Abderhalden so stark variierte, ist meines Erachtens darin zu suchen, daß die Bedingungen für das Zustandekommen starker N-Retentionen in den einzelnen Versuchen in ganz verschiedenem Grade eingehalten wurden.

Die Hauptbedingung ist die Darreichung großer Mengen von $\text{NH}_3\text{-N}$ und überreichliche Ernährung mit Kohlenhydraten, deren Menge allein kalorisch den Bedarf des Tieres erheblich überschreiten muß. In zweiter Linie kommen dann weitere Momente, die den N-Ansatz begünstigen, wie Wachstum, vorausgegangener Hunger usw. in Betracht.

Sobald kalorisch nicht genügende Mengen von Nahrung vorhanden sind, wird das Eiweiß mit in den Verbrennungsprozeß hineingerissen.

Dies muß aber unter allen Umständen vermieden werden. Erfahrungsgemäß¹⁾ wird die Eiweißverbrennung durch Kohlenhydrate am meisten eingeschränkt.

Fette, selbst wenn sie in sehr großen Mengen verfüttert werden, haben offenbar wegen ihrer Schwerverbrennlichkeit nicht entfernt die gleiche Wirkung, und man kann mit ihnen die Eiweißverbrennung nie bis auf die Abnutzungsquote herabdrücken.

Theoretisch war demnach nicht zu erwarten, daß die Kohlenhydrate sich in den Versuchen mit Ammoniakfütterung in weitem Maße durch Fett vertreten lassen. Auch Knoop

¹⁾ Lit. bei Mendel in den Ergebnissen der Physiol., Bd. XI, 1912.

²⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 67, S. 489, 1910.

hat schon darauf hingewiesen, daß die Synthese von Aminosäuren bei überreichlicher Fettnahrung leiden müsse. So nimmt es kein Wunder, daß die Bilanzen in den Versuchen, in denen sehr wenig Kohlenhydrate, dafür aber sehr viel Fett verfüttert wurde, stark negativ ausfielen. Im einzelnen ist die Beurteilung der N-Bilanz in den meisten der zuletzt von Abderhalden mitgeteilten Reihen dadurch sehr erschwert, daß gewöhnlich die Ammoniaksalze nur wenige Tage verfüttert wurden,¹⁾ und meist ein oder mehrere Hungertage vorhergingen. Es ist dabei immer Gefahr, daß der während des Hungers fast stets retinierte Stickstoff dann mit steigender Diurese in der folgenden Periode (Fütterung mit Ammoniaksalzen) ausgeschieden wird und besonders bei kurzen Perioden die N-Bilanz ungünstig beeinflusst. Außerdem ist es schwer, den Einfluß der verfütterten Ammoniaksalze auf die N-Bilanz genau zu erkennen, wenn nicht stets genau die gleiche Kost ohne Zusatz des Ammoniaks mehrere Tage unmittelbar vor und nach der Darreichung der Salze verfüttert wurde.

Obwohl so eine genaue Abschätzung der N-Retentionen in den Versuchen, in denen zu wenig Kohlenhydratkalorien gefüttert wurden, schwer ist, so gewinnt man doch den Eindruck, daß die Retentionen meist nicht sehr erheblich sein können.

Es ist das ein Ergebnis, das nach der obigen Ausführung theoretisch zu erwarten war. So wird der Gegensatz, in dem diese letzten Versuche von Abderhalden zu einigen zuerst von ihm veröffentlichten Mitteilungen und meinen eigenen Ergebnissen stehen, leicht verständlich.

Die N-Bilanzen bei Fütterung von Ammonsalzen fallen um so günstiger aus, je reichlicher die Mengen verfütterten Stickstoffs und die Überernährung mit Kohlenhydraten ist; durch die verschiedene Stärke der Kohlenhydratüberernährung erklärt sich sicherlich zum großen Teil der verschiedene Ausfall der Versuche. In dem Versuche, in dem bisher die größten Mengen von

¹⁾ Abderhalden und Hirsch haben dies übrigens auch selbst angegeben und auf technische Schwierigkeiten zurückgeführt, l. c., S. 142.

Kohlenhydraten gefüttert wurden (ca. 115 Kohlenhydratkalorien pro 1 kg), war auch die Bilanz am günstigsten, und ein N-Gleichgewicht wurde erzielt.

Daß sowohl Abderhalden wie ich die N-Retentionen als Eiweißersparnis auffassen, wurde schon oben festgestellt. Aber auch in der Deutung des Mechanismus dieses Vorganges gehen unsere Ansichten keineswegs so weit auseinander, wie es nach den letzten Mitteilungen von Abderhalden den Anschein haben könnte.

Er lehnt eine Synthese von Eiweiß aus Kohlenhydraten und Ammoniak ab, will aber damit «die Synthese einzelner Aminosäuren aus Ammoniak und den entsprechenden organischen Grundsubstanzen durchaus nicht» ausschließen.¹⁾ Zieht man dies in Betracht, so ist, da auch ich, wie schon oben auseinandergesetzt, die Frage, ob alle Aminosäuren jedesmal synthetisch gebildet werden, stets ausdrücklich offen gelassen habe und die Entscheidung weiteren Untersuchungen vorbehielt, ein prinzipieller Unterschied in unseren Deutungen für die Eiweißersparnis überhaupt nicht vorhanden. In der Behauptung, daß bisher kein eindeutiger Beweis für eine Synthese von Eiweiß aus Kohlenhydraten und Ammoniak in dem Sinne vorliegt, daß sämtliche integrierenden Aminosäuren daraus gebildet werden, pflichte ich Abderhalden vollständig bei. Meine Versuche konnten in der Richtung nichts beweisen, denn sicher bewiesen ist eine derartig umfassende Synthese wohl nur dann, wenn man deutlichen Stickstoffansatz mit Ammoniak erhält. Ein solcher ist aber bisher noch in keinem Versuche geglückt, und es erscheint daher sehr zweifelhaft, ob ein solcher beim omnivoren oder fleischfressenden Tiere überhaupt zustande kommen kann. Neue Versuche mußten diese Frage entscheiden.

Die besten und eindeutigsten Versuche werden dann erhalten, wenn die Tiere lange Zeit hindurch abundante Mengen von Kohlenhydraten und Ammoniak quantitativ fressen.

Leider stößt man bei derartigen Versuchen bei Hunden oft auf den größten Widerstand. Auch Abderhalden hat mit

¹⁾ Abderhalden u. Lampé, l. c. Anmerkung 4 auf S. 160; vgl. auch die erste Arbeit, Diese Zeitschrift, Bd. 78, S. 15, 1912.

Recht verschiedentlich darauf hingewiesen, wie sehr man bei derartigen Fütterungsversuchen von seinen Tieren abhängig ist.

Aus allen diesen Gründen scheint es wünschenswert, ein anderes carni- oder omnivores Versuchstier zu suchen, das die genannten Voraussetzungen besser erfüllt.

Auf Rat von Herrn Professor Krehl versuchte ich mein Heil mit Schweinen.

Vor allem durch die glänzenden Untersuchungen von Meissl¹⁾ ist die Verwendung dieser Tiere in die Stoffwechselphysiologie eingeführt worden. Später hat eine große Reihe anderer Autoren sich ihrer zur Entscheidung der verschiedensten Fragestellungen bedient.

Für meine Versuchszwecke scheinen diese Tiere dadurch sehr geeignet, als sie in ihrem Futter nicht sehr wählerisch sind und vor allem Kohlenhydrate erheblich bevorzugen, ferner bekommen sie bei der verfütterten Nahrung nur ganz selten Durchfall.

Einige Schwierigkeiten macht nur das quantitative Auffangen von Urin und Kot. Katheterismus kommt, zumal bei ganz jungen Schweinen, wie ich sie benutzte, aus anatomischen Gründen kaum in Betracht, wie schon Meissl früher feststellte. Auch die Verwendung von Harntrichtern und Kotbeuteln ist bei der großen Zerstörungswut der Tiere äußerst erschwert.

So blieb nichts anderes übrig, als die Tiere in einen Käfig zu sperren, der unten einen Rost enthält und sich ähnlich wie die Hans Meyerschen Stoffwechselkäfige nach unten zu verjüngt, so daß der Urin in ein darunter stehendes Glas fällt, in das von vornherein kleine Mengen von Toluol und konzentrierter Schwefelsäure²⁾ gebracht wurden. Die Dimensionen der aus massivem Eisenblech gefertigten Käfige, die mit einem Drahtgitter oben abgeschlossen sind, betragen 62 : 39 : 110. Die Breitendimensionen wählt man, entsprechend Meissls Rat, möglichst klein, um ein Umdrehen der Schweine zu verhindern.

¹⁾ Zeitschr. f. Biol., Bd. 22, S. 63, 1886.

²⁾ Nur in dem in Tab. II mitgeteilten Versuche unterblieb, da gleichzeitig auch eine S-Bestimmung vorgenommen wurde, der Zusatz von Schwefelsäure.

Da für die geplanten Versuche nur Tiere von 10—30 kg Gewicht in Betracht kamen und die Anbringung einer Tür leicht zu Exkrementverlusten führt, wurde hierauf verzichtet. Die Schweine wurden stets von oben in den Käfig hineingetan und auf die gleiche Weise herausbefördert.

Kleinere Schweine neigen nicht so sehr zum Beißen wie ältere, und wenn man sie an den Beinen faßt, sind sie ohne großes Widerstreben von seiten der Tiere transportabel.

Da manche Tiere die Neigung haben, in den Futtertrog zu treten, ist es zweckmäßig, nach dem Vorschlag von Meissl, vor dem Futtertrog ein Gestell anzubringen, das ein Einsteigen in den Trog unmöglich macht. Als Futtertrog dienten schwere, ziemlich hohe, mit einem Griff versehene Gefäße aus gebranntem Ton, die ca. 10—15 l fassen, während die Nahrung nur einen Raum von $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ l einnimmt.

Es empfiehlt sich darum, das Volumen der Tröge ziemlich groß zu nehmen, weil die Schweine sonst leicht ihr Futter im Käfig verzetteln. Bei Anwendung der großen Tröge habe ich das nie beobachtet.

Wie schon Meissl hervorhebt, sind die meisten Schweine außerordentlich reinliche Tiere. Sie deponieren ihre Exkremente meist an der gleichen Stelle, weit entfernt vom Futtertrog, den Kot gewöhnlich ganz an die Wand in eine Ecke, in der er sich dann leicht sammeln läßt.

Die Hauptmenge des Urins fließt durch die geneigten Wände des Kastens nach unten ab, während der Kot, wenn er nicht durchfällig ist, auf dem Roste liegen bleibt. Jeden Morgen wird dann der Käfig mit heißem, schwach angesäuertem Wasser ausgespült, der Rost herausgenommen und abgebürstet.

In späteren Versuchen wurden die Schweine, die sämtlich ziemlich kurze Haare hatten, am Ende einer jeden Periode mit heißem Wasser abgospült, um so Epidermisschuppen und eventuell anhaftende Kotreste¹⁾ mit zu bekommen. Zu häufig darf man derartige Abspülungen nicht vornehmen, da sich die Tiere sonst erkälten.

Wenn der Kot etwas durchfällig ist, was aber nur selten

¹⁾ Schweine pflegen sich meist nicht in ihren Kot zu legen.

der Fall ist, gelingt es nicht immer, ihn von vornherein vom Urin getrennt zu erhalten.

Er muß dann durch Filtration getrennt werden, wobei der Kot ja meist etwas N verliert. Da es bei den Versuchen aber in erster Linie auf die Untersuchung der gesamten N-Abgabe ankommt, weniger darauf, wie er sich im einzelnen auf Harn, Kot und Epidermis¹⁾ verteilt, ist dieser Übelstand nicht von großer Bedeutung. Das Futter wurde in gleicher Weise bereitet wie in den Versuchen beim Hunde. Es wurde in mehrfachen kleinen Portionen, gleichmäßig verrührt, in die Tröge eingegossen und meist sofort von den Tieren gierig aufgefressen.

Gewöhnlich wurde es quantitativ ausgeleckt, hin und wieder kam es vor, daß morgens noch ein kleiner Bodensatz von Stärke vorhanden war, dieser wurde dann mit der neuen Nahrung gut verrührt. Nur einmal (Tab. II, 36. Versuchstag) mußte eine Rückbestimmung vorgenommen werden.

Die Zusammensetzung des Futters war im wesentlichen die gleiche wie in den früheren Hunderversuchen. Der Kaloriengehalt pro 1 kg Körpergewicht war außerordentlich groß (130 bis 150 Kal.). Da, wie Respirationsversuche bei Schwein I ergaben, die Netto-Kalorienproduktion im Hungerzustand ca. 800 Kalorien beträgt, so wurde zirka das 2fache des Bedarfs gegeben. Da in den Perioden mit Ammoncitrat täglich 30 g des Salzes gegeben wurden, habe ich diesmal darauf verzichtet, eine größere Menge des Salzes, wie früher, zu lösen und täglich eine bestimmte Menge Lösung, deren N-Gehalt genau bekannt war, dem Futter zuzufügen. In Anbetracht der großen Neigung des Salzes, Wasser anzuziehen, wurden von dem großen, für den gesamten Versuch reichenden Vorrat mehrere kleinere Portionen abgewogen und sofort in Flaschen mit eingeschliffenen Glasstöpseln verwahrt. Auf diese Weise trat, wie häufige N-Bestimmungen zeigten, keine Änderung im N-Gehalt der Salze ein. Ich durfte daher den gleichen N-Gehalt für die ganze Periode in Rechnung stellen.

¹⁾ Der größte Teil der Haare und Epidermisschuppen ist mit dem Kot zusammen analysiert.

Um jeden Ammoniakverlust zu verhüten, wurde das Futter durch Zusatz einiger Kubikzentimeter verdünnter Salzsäure gegen Lackmus stets sauer gemacht. Die in den einzelnen Versuchen verfütterten Mengen der einzelnen Nahrungsmittel finden sich in den Tabellen angegeben. Betont sei, daß wie früher, abgesehen von der Bouillon, die gesamten Nahrungsmittel von einem großen Vorrat genommen wurden, dessen N-Gehalt zu Anfang und zu Ende des Versuchs bestimmt wurde und sich als vollkommen konstant erwies:

pro 10 g Stärke = 0,004 g N

„ 10 g Butter = 0,02 g N

„ 10 g Zucker = 0,00.

Die Bouillon wurde täglich frisch in stets der gleichen Weise bereitet. Die Zusammensetzung in zahlreichen N-Analysen schwankte so wenig, daß pro 100 ccm der Durchschnittswert von 0,07 g N in Rechnung gestellt werden konnte. Was das Alter und Gewicht der zu den Versuchen verwandten Schweine betrifft, so ergaben die besten Resultate Schweine von ca. 12—15 kg Gewicht, entsprechend einem Alter von ca. 7 bis 9 Wochen. Sie sind in dem Alter bereits einige Wochen der Mutter entwöhnt und zeigen ein außerordentlich starkes Wachstum. So konnte man auch den Einfluß der Fütterung mit Ammoniaksalzen auf das Wachstum noch besser als beim Hunde studieren. Die Anlage der beiden in Tabelle I und II mitgeteilten Versuche von 39- bzw. 47-tägiger Dauer war im Prinzip die gleiche wie in den früher beim Hunde beschriebenen Untersuchungen.

Die Versuche zerfielen in 2 Vorperioden (eine Hungerperiode und eine Periode der Fütterung mit der Standardnahrung ohne Ammoncitratzusatz), die Hauptperiode (Zusatz von 30 g Ammoncitrat zur Standardnahrung) und eine der 2. Vorperiode entsprechende Nachperiode, der in der 2. Versuchsreihe noch mal eine abschließende Hungerperiode folgte.

Die Fütterung der Ammonsalze mit einem Gehalt von 3,6 g N (Tab. I) wurde im ersten Versuche 14, im zweiten (Tab. II) 20 Tage hintereinander durchgeführt.

Bis auf einen Tag (36. Versuchstag der 2. Reihe) wurde

die sehr kalorienreiche (130—150 Kal. pro 1 kg) Nahrung quantitativ von den Tieren bewältigt. Bei Schwein I wurden zahlreiche Respirationsversuche angestellt, bei Schwein II gleichzeitig mit der N-Bilanz auch die S-Bilanz bestimmt. Über die Resultate dieser Untersuchungen soll später berichtet werden.

Was den Einfluß der Fütterung auf das Körpergewicht betrifft, so liegen die Verhältnisse beim Schwein anscheinend etwas anders als beim Hunde. Überreichliche Fütterung dieser Tiere ohne Eiweiß beeinflußt in der Regel das Körpergewicht ungünstiger als die gleiche Nahrung mit Ammoniaksalzzusatz.

Damit ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß in dem einen oder anderen Falle vor allem im Anschluß an eine vorübergehende Hungerperiode in kurzen Versuchszeiten vorübergehend auch ein Gewichtsansatz ohne Ammoniaksalzzulage sich erzielen läßt. Bei der großen Abhängigkeit des Körpergewichts von den Schwankungen im Wasserhaushalt ist das zumal bei Tieren, die während der Hungerperiode kein oder wenig Wasser gesoffen haben, leicht verständlich. Abderhalden hat in seiner letzten Arbeit mit Lampé¹⁾ in kurzen Perioden einmal einen Gewichtsansatz bis 370 g erzielt.

Vergleicht man aber längere Zeiträume der Fütterung mit Zulage von Ammoniaksalzen mit den gleichen Perioden ohne diese Zugabe, so tritt doch ein deutlicher Unterschied hervor: so verlor der Hund Daisy, an dem die längere Versuchsreihe früher angestellt war, in 66 Tagen Ammoniakfütterung nur 1000 g, dagegen in 20 Tagen der annähernd gleichen Ernährung ohne diesen Zusatz 800 g. —

Die Zahlen für die Gewichte in beiden Versuchsreihen beim Schweine zeigen nun, daß die Gewichtsbilanz in fast allen Perioden (abgesehen vom Hunger) positiv ist.

Vor allem gilt das für die an die Hungerperiode sich anschließende Vorperiode II; die Gewichtszunahme bei Schwein I betrug in 8 Tagen 800 g, bei Schwein II in 6 Tagen sogar 1600 g. In dem letzteren Falle spielt zweifellos eine starke Wasser-

¹⁾ l. c.

retention (am 11. Versuchstag nur 450 ccm Urin gegenüber der gewöhnlichen Menge von 1000—1400) die Hauptrolle.

Da die postinanonitionelle Wasserretention für die Nachperiode I, die vollkommen der Vorperiode II entspricht, nicht in Betracht kommt, gibt diese wohl ein richtigeres Bild der Gewichtsverhältnisse. In den 7 Tagen betrug der Gewichtsansatz im einen Falle 100, im anderen 300 g (d. h. pro die 28,5 g). Auch die respiratorischen Quotienten von 1,2—1,3 beim Schwein I sprechen eindeutig für die Bildung von Reservestoffen. Vergleicht man das Verhalten des Körpergewichts während der Hauptperioden (Zulage von 3,69 g Ammoniakstickstoff), so besteht hier kein nennenswerter Unterschied gegenüber der Nachperiode I.

Schwein I nahm in 16 Tagen 800 g zu (= pro die 50 g), bei Schwein II scheint in 20 Tagen eine nennenswerte Gewichtszunahme überhaupt nicht eingetreten zu sein. Da das Tier leider am letzten Tage nur wenig Nahrung zu sich nahm, gibt das Gewicht am folgenden Morgen kein richtiges Bild von dem Verhalten in der Gesamtperiode.

Bei Schwein I betrug die Gesamtgewichtszunahme in 30 Tagen der Fütterung 1800 g, bei Schwein II in 32 Tagen 1600 g.

Die Ursache der eintretenden dauernden Gewichtszunahme gegenüber dem Hunde liegt abgesehen von der Wasserretention wohl darin begründet, daß nach Fortfall des Eiweißes in der Nahrung bei der großen Mastfähigkeit der Schweine die Bildung von Reservestoffen anscheinend nicht in der Weise gestört ist wie beim Hunde.

Daß aber trotzdem der Anwuchs bei den eiweißfrei ernährten Schweinen gegenüber der Norm gelitten hat, geht wohl am besten aus folgenden Zahlen hervor:

Schwein I wurde nach Beendigung des mitgeteilten Versuchs abundant mit gemischter Nahrung genährt und nahm dabei in der Zeit vom 28. Mai bis 1. September von 16,5 kg bis auf 75 kg zu. Schwein II wurde nach Abschluß der mitgeteilten Reihe mit einer gemischten Kost von annähernd dem gleichen Kaloriengehalt wie im Versuch genährt und nahm

dabei vom 24. Juli bis 2. September um 30 kg (von 12,00 bis 42,00 kg) zu.

Die Zahlen sprechen in besonders eindrucksvoller Weise für die Existenz einer Luxuskonsumption¹⁾ und die Notwendigkeit einer positiven Stickstoffbilanz für stärkere Bildung von Reservestoffen. Eine sichere Entscheidung der Frage können aber nur Respirationsversuche erbringen.

In einer späteren Arbeit soll auf diese Dinge ausführlich eingegangen werden.

Die N-Bilanz in der 16tägigen Hauptperiode bei Schwein I gestaltete sich folgendermaßen: An 7 Tagen war die Bilanz pro die positiv, an 9 Tagen negativ.²⁾

Im ganzen ergibt sich für die Hauptperiode bei einer Gesamteinfuhr von 61,376 g N ein Defizit von 2,553. Berücksichtigt man zur Berechnung der Tagesmittel die beiden ersten Tage der Periode, an denen eine sekundäre Ausschwemmung von N, der in Vorperiode II retiniert war, möglich war und an denen das Tier mit der Ammoniakzufuhr sich anscheinend noch nicht ins Gleichgewicht gesetzt hatte, nicht mit, so bekommt man einen täglichen N-Verlust von — 0,069 g N, d. h. bei Schwein I hat sich mit 3,584 g Ammoniakstickstoff nahezu ein Gleichgewicht hergestellt.

Gegenüber dem Mittel von Vorperiode II und Nachperiode (die gleiche Nahrung ohne Ammoniakzulage) bedeutet das ein Absinken der N-Ausscheidung um 94 0/0.

Daß bei einer derartigen langen Hauptperiode die N-Retention nur eine vorübergehende war, ist von vornherein äußerst unwahrscheinlich. Ein Teil des zu Anfang retinierten Stickstoffs wird allerdings in der zweiten Hälfte der Hauptperiode wieder ausgeschieden. Das geht am besten aus einer Gegenüberstellung

¹⁾ Grafe und Graham, Diese Zeitschrift, Bd. 73, S. 1, 1911. — Grafe u. Koch, Deutsch. Arch. f. klin. Medizin, Bd. 106, S. 564, 1912. Vgl. auch die diesbezügliche Ausführung in der Arbeit mit Schläpfer.

²⁾ Da Katheterismus unmöglich ist und die Urinentleerung bei Schweinen nicht so gleichmäßig stattfindet wie bei Hunden, kommen manchmal starke Schwankungen der täglichen N-Bilanz vor, die sich natürlich bei Feststellung der Bilanz für einen längeren Zeitraum ganz ausgleichen.

der Bilanzwerte des 19.—25. Versuchstags einerseits und des 26.—32. Versuchstags andererseits hervor.

In dem ersten Zeitraum ein täglicher N-Ansatz von $+ 0,19$ und der zweiten Hälfte ein täglicher Verlust von $- 0,327$ g N.

Gerade dieser Unterschied, der sich z. B. auch in Tab. 3 der ersten Arbeit von Abderhalden deutlich zeigt, beweist, wie schwer kurz dauernde Versuche zu deuten sind (Tag 33 und 34). Auch in der Nachperiode findet noch eine weitere Ausschwemmung vorher retinierten Stickstoffs statt.

Trotzdem bleibt aber eine große Menge Stickstoff dauernd retiniert. Diese läßt sich in folgender Weise berechnen:

Die tägliche Abnutzungsquote des Körpers berechnet aus dem Mittel von Vorperiode II und Nachperiode I ist $1,141$ g N. Für die 16 Tage der Hauptperiode mithin $18,256$ g.

Von diesem Wert ist einmal der tatsächliche N-Verlust des Körpers mit $2,553$ g in Abzug zu bringen, ferner die Menge des in der Nachperiode noch ausgeschwemmten Stickstoffs. Unter der Annahme, daß die Abnutzungsquote an den ersten beiden Tagen der Nachperiode die gleiche ist wie an den folgenden ($- 1,238$ g N), beträgt die sekundäre Ausschwemmung $1,217$ g N.

Auf diese Weise erhält man als ungefähren Wert für die Menge des anscheinend dauernd retinierten Stickstoffs die Zahl $14,49$ g N.

Die Versuchsreihe bei Schwein II ist genau in der gleichen Weise angelegt wie bei Schwein I. Nur fehlen die Extraktivstoffe völlig.

Obwohl die Überernährung in diesem Falle noch etwas größer war, ist der N-Verlust in der Hauptperiode von 20 Tagen etwas größer wie im vorigen Versuch ausgefallen.

Er beträgt bei einer Gesamteinfuhr von $73,375$ g $7,098$ g.

Für die Berechnung des Tagesmittels muß der letzte Tag, an dem das Tier nicht einmal ein Viertel der Nahrung fraß, ausscheiden. Der durchschnittliche N-Verlust der 19 übrigen Tage ist $- 0,194$ g. Die Bilanz ist also deutlich, wenn auch nur gering negativ.

Auch in diesem Falle ist in der ersten Hälfte der Hauptperiode die Bilanz günstiger wie in der zweiten, auch deutet

der hohe Wert am ersten Tag der Nachperiode I auf eine sekundäre Ausschwemmung vorher retinierten Stickstoffs.

Die Tatsache, daß das Tagesmittel der ersten Nachperiode etwas niedriger liegt wie das der zweiten Vorperiode mit ganz der gleichen Ernährung, beweist mit voller Sicherheit, daß eine weitere Ausschwemmung von in der Hauptperiode retiniertem N in der Nachperiode nicht mehr stattgefunden haben kann.

Die Berechnung der Menge des während der Hauptperiode dauernd retinierten Stickstoffs, in analoger Weise wie oben an- gestellt,¹⁾ ergibt folgendes:

| | |
|--|--------------|
| Abnutzungsquote für 19 Tage, berechnet aus dem Mittel zwischen Vorperiode II und Nachperiode I | = 18,829 g |
| Tatsächlicher N-Verlust | — 7,098 g |
| Nachträglich ausgeschieden | — 1,504 g |
| Dauernd retiniert | = 10,23 g N. |

Würde man den letzten Versuchstag mit in die Rechnung einbeziehen, was allerdings wohl nicht erlaubt ist, so würde sich diese Zahl noch um 2,4 g ermäßigen. Auf jeden Fall ist also auch in diesem Versuche eine erhebliche Menge Stickstoff dauernd retiniert worden. Die Möglichkeit, daß der ganze Stickstoff vielleicht nur vorübergehend retiniert worden sei, scheidet also für die Erklärung völlig aus.

Das Ergebnis der beiden mitgeteilten langdauernden Versuche ist also, kurz zusammengefaßt, daß die Verfütterung von Ammoniaksalzen zu einer abundanten Kohlenhydratkost ebenso wie beim Hunde auch beim Schweine zu sehr erheblichen dauernden Stickstoffretentionen führt. Während in dem einen Versuche ein fast völliges N-Gleichgewicht erreicht wurde, waren in der zweiten Versuchsreihe ganz geringfügige N-Verluste vorhanden. Die Ursache für die Differenzen in beiden Versuchen vermag ich nicht anzugeben.

Trotz der für den Ansatz günstigsten Voraussetzungen (vorausgegangener Hunger, starker Wachstumstrieb, außeror-

¹⁾ Der 36. Tag ist aus dem oben angegebenen Grunde nicht mitgerechnet.

dentlich starke Überernährung mit Kohlenhydraten) wurde auch beim Schweine keine Zunahme des N-Gehaltes im Körper erzielt.

Diese Ergebnisse, die in vollem Einklange mit den beim Hunde bisher gewonnenen Erfahrungen stehen, gestatten die Behauptung, daß mit Fütterung von Ammoniaksalzen, als einziger Stickstoffquelle, sich niemals eine dauernde Mehrung des Stickstoffbestandes des Organismus erreichen läßt. Im günstigsten Falle kommt es zu einem Gleichgewicht. Letzteres stellt mithin die quantitativ größte Steigerung der Retentionen dar und darf scheinbar nicht, wie bei Eiweißfütterung, prinzipiell mit Stickstoffansatz identifiziert werden. Da in allen bisher mitgeteilten Versuchen stets ein kleiner Teil des in der Hauptperiode retinierten Stickstoffs in der Nachperiode wieder ausgeschieden wird, so könnte man mit vollem Rechte behaupten, daß es sich in den Hauptperioden nur um ein scheinbares Gleichgewicht handelte und daß de facto stets ganz kleine Verluste unvermeidlich sind.

Die bisherigen Versuche sprechen wohl dafür, daß der Organismus mit Ammoniak und Kohlenhydraten zwar das Abnützungseiweiß zum Teil oder fast ganz ersparen kann, daß aber eine Neubildung über den alten Bestand hinaus nicht eintritt.

Da zumal in Anbetracht des gewaltigen Wachstumstriebes, wie junge Schweine ihn haben,¹⁾ die Vorstellung, daß der Körper im günstigsten Falle nur so viel Bausteine herstellen kann, als zu Verlust gingen, nicht sehr plausibel ist, liegt es nahe, anzunehmen, daß nicht sämtliche Aminosäuren auf diesem Wege synthetisiert werden können.

Während wir früher die Frage, ob alle Aminosäuren, insbesondere das Tryptophan, aus Ammoniak und Kohlenhydraten hergestellt werden können, offen ließen, möchten wir zumal nach dem Ausfall der mitgeteilten Versuche am Schweine jetzt für möglich halten, daß bei der Neubildung von Eiweiß auch Bausteine des zugrunde gegangenen Moleküls mit benützt werden können. Weitere Untersuchungen müssen klar stellen,

¹⁾ Vgl. die obigen Zahlen.

welche Aminosäuren neu gebildet werden und welche weiter benützt werden können.

Wünschenswert erscheint ferner, noch weiteres Material zur sicheren Entscheidung der Frage nach der Form und Bedeutung des retinierten Stickstoffs herbei zu schaffen. Der früher durchgeführte lange Hunderversuch spricht ebenso wie der lange Versuch an Hund III, den Abderhalden und Hirsch mitteilten, sehr stark für eine tatsächliche Eiweißersparnis durch die Ammoniaksalze. Die technischen Schwierigkeiten in der Durchführung derartiger Versuche beim Hunde sind aber so außerordentlich groß, daß stets einige Einwände möglich sind. Gerade in Anbetracht der inzwischen erschienenen Mitteilung von Howe, Mattil und Hawk¹⁾ über einen Hund, der 117 Tage zu hungern vermochte, läßt sich, wie Abderhalden mit Recht betont, der Einwand erheben, daß die bisherigen Versuche noch nicht lange genug dauerten. Vor allem ist auch noch gar nicht bekannt, wie lange Tiere mit der gleichen abundanten Ernährung ohne Ammoniaksalze leben können.

In dem einzigen bisher in der Richtung unternommenen Versuch von Abderhalden und Lampé starb das Tier bereits am 48. Versuchstage, an 6 Tagen hatte es aber Stickstoff (meist in Form von Eiweiß) erhalten, so daß dieser Versuch auch aus diesem Grunde nicht beweiskräftig ist.

Es soll versucht werden, mit 2 Schweinen von gleichem Gewicht und Wurf einen Parallelversuch durchzuführen, indem das eine abundante Kohlenhydratmengen allein, das zweite die gleiche Nahrung + Ammoniaksalze erhält.

Sollte in derartigen Versuchsreihen das mit Ammoniaksalzen gefütterte Schwein sich erheblich länger am Leben erhalten lassen als das Kontrolltier, so wäre damit die eiweißersparende Wirkung wohl einwandfrei bewiesen.

Bis dahin dürfen wir die Eiweißersparnis der Ammoniaksalze nur als eine Hypothese von großem Wahrscheinlichkeitsgehalt auffassen.

Bezüglich der zu ihren Gunsten vorgebrachten Argumente

¹⁾ Fasting Studies: Journal of biolog. chemistry, Bd. 9, S. 103 u. ff. 1912.

verweise ich auf die früheren Mitteilungen. Neue Anhaltspunkte dafür ergaben die Versuche beim Schweine nicht.

In Tabelle III sind die Ergebnisse eines Fütterungsversuchs mit Gelatine beim Hunde mitgeteilt. Ähnliche Versuche haben kürzlich Abderhalden und Lampé¹⁾ mitgeteilt, allerdings wurden gleichzeitig mit der Gelatine Ammoniaksalze verfüttert.

Wenn sich mit Ammoniaksalzen schon nahezu oder ganz ein N-Gleichgewicht erreichen läßt, so war von vornherein zu erwarten, daß das auch bei dem schon mehrere Eiweißbausteine enthaltenden Leim möglich sein müsse. Der Ausfall des 23tägigen Versuchs bestätigte auch diese Vermutung.

Bezüglich der Technik des Versuchs sei bemerkt, daß eine größere Menge eiweißfreien Leims in heißem Wasser gelöst wurde und unter Zusatz kleiner Mengen von Soda und Chloroform mit Trypsin 3 Tage im Brutschrank verdaut wurde. Die angedaute, aber nicht verdaute Mischung wurde schwach angesäuert und von ihr, ev. nach Erwärmen täglich eine bestimmte Menge Kubikzentimeter (meist 100—150 ccm) der Nahrung zugesetzt. Die N-Bestimmung erfolgte in dieser Lösung.

Die Versuchsanordnung und Technik war im übrigen die gleiche wie früher.

Der Hauptperiode gingen 2 Vorperioden voraus, eine, in der das Tier hungerte, eine zweite, in der das Tier die Nahrung der Hauptperiode ohne Gelatinezulage erhielt.

Die Nachperiode entsprach der Vorperiode II.

Leider war in der Nachperiode das Tier nicht zu bewegen, die allerdings sehr kalorienreiche Nahrung ganz zu bewältigen, so daß diese Periode leider nicht zum Vergleich mit der Hauptperiode herangezogen werden kann. Der tägliche N-Verlust der Vorperiode 2 betrug 1,577 g N. In der 8tägigen Hauptperiode betrug er nur 0,027 g. In Anbetracht dieses geringfügigen Verlustes darf man wohl praktisch von einem Gleichgewicht sprechen. Da die Nachperiode aus dem oben angegebenen Grunde leider keinen exakten Vergleich gestattet, läßt sich leider nicht mit Sicherheit sagen, ob ein Teil des in der Hauptperiode retinierten Stickstoffs nachher wieder ausgeschieden wurde.

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 80, H. 2 u. 3, S. 160, 1912.

Bei den zahlreichen älteren Versuchen mit Leimfütterung liegt eine irgendwie nennenswerte sekundäre Ausschwemmung nicht vor. Eine Wasserretention am letzten Tage der Hauptperiode (18.) hat anscheinend auch nicht stattgefunden, da die Urinmenge eine beträchtliche ist. Ein N-Ansatz war in diesem Versuche ebensowenig zu erzielen wie in den erwähnten Versuchen von Abderhalden und Lampé bei Fütterung von Gelatine + Ammonsalzen.

Anhang.

Zwei Beispiele für die N-Bestimmung in dem bei Hund Daisy¹⁾ verfütterten Ammoniumcitrat:

I. Lösung vom 14. XII. 1911 (Nr. 3).

150 g Ammoncitrat wurden grob abgewogen und in 600 ccm destilliertes Wasser gelöst, die Lösung wird mit einigen Kubikzentimetern verdünnter Salzsäure schwach sauer gemacht.

Am 16. XII. 2 N-Bestimmungen nach Kjehldahl.

1. Analyse: 5 ccm der Lösung verascht: Vorlage 150 ccm $n/10\text{-H}_2\text{SO}_4$: zurücktitriert 27,75 ccm $n/10\text{-NaOH}$, mithin 122,25 ccm $n/10\text{-NH}_3$ gebunden.

2. Parallelanalyse: 5 ccm der gleichen Lösung verascht, Vorlage 150 ccm $n/10\text{-H}_2\text{SO}_4$: zurücktitriert 27,8 ccm $n/10\text{-NaOH}$, mithin 122,2 ccm $n/10\text{-NH}_3$ gebunden.

Von dieser Lösung wurden am 19., 20. und 21. Versuchstage täglich je 50 ccm der Nahrung zugesetzt.

Die 50 ccm enthalten mithin

$$10 \times 122,2 \times 1,404 \text{ mg N} = 1,716 \text{ N.}$$

II. Lösung vom 20. XII. 1911 (Nr. 5).

Ursprüngliche Lösung wie bei Nr. I bereitet (ca. 150 g auf ca. 600 ccm Wasser).

1. Analyse: 5 ccm der Lösung verascht. Vorlage 150 ccm $n/10\text{-H}_2\text{SO}_4$: zurücktitriert 23,95 ccm $n/10\text{-NaOH}$, mithin 126,05 ccm $n/10\text{-H}_2\text{SO}_4$ gebunden.

2. Analyse: 5 ccm der Lösung verascht. Vorlage 150 ccm $n/10\text{-H}_2\text{SO}_4$: zurücktitriert 24 ccm $n/10\text{-NaOH}$, mithin 126 ccm $n/10\text{-H}_2\text{SO}_4$ gebunden.

¹⁾ Diese Zeitschrift, Bd. 78, S. 485.

Tabelle I (Versuche beim Schweine I)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------|---------------|---|----------------------|--|---|---|--|
| Ver- suchs- tag Nr. | Datum 1912 | Versuchs- periode | Ge- wicht in g | Zusammensetzung der Standard-Nahrung | Brutto- Kalorien pro 1 kg Gewicht | N- Gehalt der Stan- dard- Nah- rung | N- Gehalt der Zo- lage zur Stan- dard- Nah- rung in g |
| 1-4 | 19.-23. IV. | Vor- periode I (Hunger) | 16 500 | Hunger (Wasser nach Belieben) | — | 0 | 0 |
| 5 | 23.-24. | | 15 500 | desgl. | — | 0 | 0 |
| 6 | 24.-25. | | — | — | — | 0 | 0 |
| 7 | 25.-26. | | — | — | — | 0 | 0 |
| 8 | 26.-27. | | — | — | — | 0 | 0 |
| 9 | 27.-28. IV. | Vor- periode II Standard- Kost allein | 14 700 | 350 g Stärke + 80 g Zucker + 25 g Butter + 100 ccm Bouillon + 5 g Knochen- asche + 2 g Kochsalz + ca. 0,1 g Lecithin + 5 Tr. verd. Eisenchloridlösung + 1 1/2 l Wasser | ca. 130 Kal. pro 1 kg Gewicht | 0,252 | 0 |
| 10 | 28.-29. | | — | desgl. | » | 0,252 | 0 |
| 11 | 29.-30. | | — | » | » | 0,252 | 0 |
| 12 | 30.- 1. V. | | — | » | » | 0,252 | 0 |
| 13 | 1.- 2. | | — | » | » | 0,252 | 0 |
| 14 | 2.- 3. | | — | » | » | 0,252 | 0 |
| 15 | 3.- 4. | | — | » | » | 0,252 | 0 |
| 16 | 4.- 5. | | — | » | » | 0,252 | 0 |
| 17 | 5.- 6. V. | — | 15 400 | desgl. | ca. 135 | 0,252 | 3,58 |
| 18 | 6.- 7. | — | — | » | » | 0,252 | 3,58 |
| 19 | 7.- 8. | — | — | » | » | 0,252 | 3,58 |
| 20 | 8.- 9. | — | — | » | » | 0,252 | 3,58 |
| 21 | 9.-10. | — | — | » | » | 0,252 | 3,58 |
| 22 | 10.-11. | — | — | » | » | 0,252 | 3,58 |

Fütterung mit Ammoniumcitrat.

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------------|--|--|---|------------------------------|--|---|
| Ur- menge ccm | N- Gehalt des Urins pro die g | Kot- menge | N- Gehalt des Kotes pro die in g | N- Bilanz pro die g | N-Bilanz pro Periode g | Bemerkungen |
| — | — | — | — | — | — | — |
| 970 | 3,950 | — | — | — | — | — |
| 620 | 2,306 | — | — | — | — | — |
| 930 | 2,520 | — | — | — | — | — |
| 180 | 0,342 | — | — | — | — | — |
| 660 | 3,241* | Kot meist ziemlich reichlich geformt, ganz selten Durchfall | 0,211 | — 3,200* | Gesamt N-Verlust des Körpers 10,873 g N. In 5 Tagen 5,209 g N = 1,042 g N pro die | 1 g Karmin zur Kotabgrenzung |
| 340 | 0,847* | 54g Trocken- kot mit | 0,211 | — 0,806* | | |
| 1230 | 1,001 | 1,689 g N | 0,211 | — 0,960 | | |
| 1240 | 0,891 | | 0,211 | — 0,850 | | |
| 1450 | 1,699** | | 0,211 | — 1,658** | | Am 13. Versuchstag: Unter Zertrümmerung der Glas- scheiben des Käfigs ist das Schwein aus dem Käfig nachts ausgebrochen und hat in einem Eimer geringe Reste von Hunde- futter gefressen. |
| 1130 | 0,995 | | 0,211 | — 0,954 | | |
| 1000 | 1,084 | | 0,211 | — 1,043 | | |
| 1340 | 1,437 | | 0,211 | — 1,396 | | |
| 1000 | 3,944* | | 0,141 | — 0,249* | | 1,0 g Karmin zur Abgrenzung des Kotes. |
| 1000 | 5,051* | | 0,141 | — 1,356* | | |
| 1040 | 2,859 | | 0,141 | + 0,836 | | |
| 1085 | 4,022 | | 0,141 | — 0,327 | | |
| 1040 | 3,494 | | 0,141 | + 0,201 | | |
| 1040 | 3,467 | | 0,141 | + 0,228 | | |

Tabelle I

(Fortsetzung).

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------------------------|---------------|--|----------------------|---|---|--|--|-----------------------|--|--|---|------------------------------|---|---|
| Ver- suchs- tag Nr. | Datum 1912 | Versuchs- periode | Ge- wicht in g | Zusammensetzung der Standard-Nahrung | Brutto- Kalorien pro 1 kg Gewicht | N- Gehalt der Stand- dard- Nah- rung | N- Gehalt der Zu- lagen zur Stand- dard- Nah- rung in g | Urin- menge ccm | N- Gehalt des Urins pro die g | Kot- menge | N- Gehalt des Kotes pro die in g | N- Bilanz pro die g | N-Bilanz pro Periode g | Bemerkungen |
| 23 | 11.—12. V. | Haupt- periode (Zulage von Ammon- citrat zur Standard- Kost) | 15 400 | 350g Stärke + 80g Zucker + 25 g Butter + 100 ccm Bouillon + 5 g Knochen- asche + 2g Kochsalz + ca. 0,1 g Lecithin + 5 Tr. verd. Eisenchloridlösung + 1 1/2 l Wasser | ca. 135 Kal. pro 1 kg Gewicht | 0,252 | 3,584 | 1500 | 3,581 | Kot meist geformt, selten Durchfall | 0,141 | + 0,114 | Gesamt N-Einfuhr = 61,376 g, Gesamt N-Ausfuhr = 63,929 g In 14 Ver- suchstagen N-Verlust = 0,964 g = - 0,069 g pro die N-Verlust mithin um 94% geringer wie bei gleicher Nahrung ohne Ammoniak- zusatz | |
| 24 | 12.—13. | | — | desgl. | desgl. | 0,252 | 3,584 | 1345 | 3,134 | Menge des Trockenkots | 0,141 | + 0,561 | | |
| 25 | 13.—14. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1400 | 3,981 | = 85 g | 0,141 | - 0,286 | | |
| 26 | 14.—15. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1500 | 4,179 | mit 2,250 g N | 0,141 | - 0,484 | | |
| 27 | 15.—16. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1490 | 3,809 | | 0,141 | - 0,124 | | |
| 28 | 16.—17. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1210 | 2,062 | | 0,141 | + 1,633 | | |
| 29 | 17.—18. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1600 | 5,550 | | 0,141 | - 1,855 | | |
| 30 | 18.—19. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1540 | 5,718 | | 0,141 | - 2,023 | | |
| 31 | 19.—20. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 640 | 1,686 | | 0,141 | + 2,009 | | |
| 32 | 20.—21. | | — | " | " | 0,252 | 3,584 | 1830 | 5,142 | | 0,141 | - 1,447 | | |
| 33 | 21.—22. V. | | 16 200 | desgl. | ca. 130 | 0,252 | 0 | 1730 | 2,293* | Kot- entleerung unregel- mäßig. | 0,180 | - 2,221* | Gesamt- N-Verlust pro Periode 9,882 g. | 1,0 g Karmin zur Abgrenzung des Kotes. |
| 34 | 22.—23. | Nach- periode | — | " | " | 0,252 | 0 | 1150 | 1,554* | | 0,180 | - 1,472* | | |
| 35 | 23.—24. | wie Vor- periode II | — | " | " | 0,252 | 0 | 1410 | 1,230 | Keine Durchfälle | 0,180 | - 1,158 | Er beträgt in 5 Tagen 6,189 g | |
| 36 | 24.—25. | | — | " | " | 0,252 | 0 | 1220 | 1,158 | 52 g Trocken- kot mit | 0,180 | - 1,348 | = - 1,238 g pro die | |
| 37 | 25.—26. | | — | " | " | 0,252 | 0 | 1640 | 1,420 | 1,263 g N | 0,180 | - 1,438 | | |
| 38 | 26.—27. | | — | " | " | 0,252 | 0 | 1400 | 1,510 | | 0,180 | - 1,169 | | |
| 39 | 27.—28. | | 16 500 | " | " | 0,252 | 0 | 890 | 1,241 | | 0,180 | - 1,169 | | |

* Für die durchschnittliche Berechnung der täglichen N-Bilanz in den einzelnen Versuchsperioden sind die mit einem * versehenen Zahlen nicht berücksichtigt, da die Wahrscheinlichkeit einer Ausschwemmung von N aus der Vorperiode oder eines noch nicht eingetretenen Gleichgewichtszustandes vorhanden ist.

** Da das Tier an diesem Tage aus dem Käfig brach und geringe, aber nicht ganz abschätzbare N-Mengen außer seiner Nahrung zu sich nahm, ist auch diese Zahl für die Durchschnittsberechnung nicht in Betracht gezogen.

Tabelle II (Versuchsreihe bei Schwein II) Fütterung mit Ammoniumcitrat.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------------------------|---------------|----------------------|-------------------|--|---|--|--|-----------------------|--|--|--|--------------------------|--|---|
| Ver- suchs- tage Nr. | Datum 1912 | Versuchs- periode | Ge- wicht g | Zusammensetzung der Standard-Nahrung | Brutto- kalorien pro 1 kg Gewicht | N- Gehalt der Stand- nahrung | N-Gehalt der Zulagen zur Standard- kost | Urin- menge ccm | N-Gehalt des Urins pro die g | Kotmenge | N-Gehalt des Kotes pro die g | N-Bilanz pro die g | N- Bilanz pro Periode g | Bemerkungen |
| 1 | 7.—8. VI. | | 14500 | Hunger (Wasser nach Belieben) | — | — | — | | | | | | | |
| 2 | 8.—9. | | — | desgl. | — | — | — | 580 | 2,86 | Kot- entlehrung | 0,060 | — 2,920 | Gesamt-N- Verlust | |
| 3 | 9.—10. | Vor- | — | „ | — | — | — | 1330 | 6,415 | sehr gering | 0,060 | — 6,475 | pro Periode | |
| 4 | 10.—11. | | — | „ | — | — | — | | | 18 g | | | = 20,473 g | |
| 5 | 11.—12. | periode I | — | „ | — | — | — | 460 | 1,383 | Trockenkot | 0,060 | — 1,443 | = 2,047 g | |
| 6 | 12.—13. | | — | „ | — | — | — | | | mit | | | pro die | |
| 7 | 13.—14. | (Hunger) | — | „ | — | — | — | 1600 | 4,555 | 0,2998 g N | 0,060 | — 4,615 | | |
| 8 | 14.—15. | | — | „ | — | — | — | | | | | | | |
| 9 | 15.—16. | | — | „ | — | — | — | 1660 | 4,960 | | 0,060 | — 5,020 | | |
| 10 | 16.—17. | | — | „ | — | — | — | | | | | | | |
| 11 | 17.—18. | Vor- | 12,1 | 350 g Stärke + 80 „ Zucker + 25 „ Butter + 2 „ Kochsalz + 1 „ Knochenasche + 0,01 g Lecithin + 5 Tropfen verdünnte Eisenchloridlösung 1 1/2 l destilliertes Wasser | ca. 145 Kal. pro kg | 0,245 | 0 | 450 | 2,496* | Kot- entlehrung gering, nur einmal etwas weich | 0,063 | — 2,214* | Gesamt-N Verlust pro Periode = 7,432 g. In 4 Tagen | 1 g Karmin zur Abgrenzung des Kotes. Am 11. Tage wurden der Kost irrtümlich 100 ccm Bouillon zugesetzt. |
| 12 | 18.—19. | Standardkost | — | desgl. | desgl. | 0,175 | 0 | 1290 | 1,193* | 8 g | 0,063 | — 1,081* | 4,137 g N | |
| 13 | 19.—20. | | — | „ | „ | 0,175 | 0 | 1200 | 0,787 | Trockenkot | 0,063 | — 0,675 | verloren | |
| 14 | 20.—21. | allein | — | „ | „ | 0,175 | 0 | 965 | 0,956 | mit | 0,063 | — 0,844 | = 1,034 g | |
| 15 | 21.—22. | | — | „ | „ | 0,175 | 0 | 925 | 1,332 | 0,3788 g N | 0,063 | — 1,220 | pro die | |
| 16 | 22.—23. | | — | „ | „ | 0,175 | 0 | 1410 | 1,510 | | 0,063 | — 1,398 | | |
| 17 | 23.—24. | | 13700 | desgl. | ca. 150 Kal. | 0,175 | 3,639 g N in Form von Ammon- citrat | 1430 | 2,438 | | 0,161 | + 1,215 | Gesamt-N | 1,0 g Karmin in Oblate. |
| 18 | 24.—25. | | — | „ | desgl. | 0,175 | 3,639 | 1350 | 3,684 | Kot | 0,161 | — 0,031 | Einfuhr | |
| 19 | 25.—26. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 880 | 3,687 | zeitweise | 0,161 | — 0,034 | pro Periode | |
| 20 | 26.—27. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1140 | 3,207 | | 0,161 | + 0,446 | = 73,375 g, | Zusatz von 9,1 ccm N/10-H ₂ SO ₄ zum Futter. |
| 21 | 27.—28. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 940 | 3,999 | | 0,161 | — 0,346 | Gesamt- | Zusatz von 6,35 ccm N/10-H ₂ SO ₄ zum Futter. |

Tabelle II Fortsetzung.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------------------------|-----------------|---|-------------------|--|--|---|---|-----------------------|--|-----------------------------|--|--------------------------|---|---|
| Ver- suchs- tag Nr. | Datum 1912 | Versuchs- periode | Ge- wicht g | Zusammensetzung der Standard-Nahrung | Brutto- kalorien pro 1 kg Gewicht | N-Gehalt der Standard- Nahrung | N-Gehalt der Zulagen zur Stan- dardkost | Urin- menge ccm | N-Gehalt des Urins pro die g | Kotmenge | N-Gehalt des Kotes pro die g | N-Bilanz pro die g | N-Bilanz pro Periode g | Bemerkungen |
| 22 | 28.—29. VI. | | — | 350 g Stärke + 80 „ Zucker + 25 „ Butter + 2 „ Kochsalz + 1 „ Knochenasche + 0,01 g Lecithin + 5 Tropfen verdünnte Eisenchloridlösung 1 1/2 l destilliertes Wasser | ca. 150 Kal. pro kg | 0,175 | 3,639 | 825 | 3,501 | durchfällig, meist | 0,161 | + 0,152 | Ausfuhr = 80,473 g. In 19 Tagen betrug | Zusatz von 6,35 ccm n/10-H ₂ SO ₄ zum Futter |
| 23 | 29.—30. | | — | desgl. | desgl. | 0,175 | 3,639 | 1340 | 4,577 | geformt, | 0,161 | — 0,924 | der N-Verlust | desgl. |
| 24 | 30. VI.—1. VII. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 920 | 3,301 | ganz selten | 0,161 | + 0,352 | des Körpers | „ |
| 25 | 1.—2. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1400 | 4,864 | Durchfälle | 0,161 | — 1,211 | = 3,688 g | „ |
| 26 | 2.—3. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1085 | 3,880 | 138 g | 0,161 | — 0,227 | = — 0,194 g N | „ |
| 27 | 3.—4. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1245 | 5,111 | Trockenkot | 0,161 | — 1,458 | pro die | „ |
| 28 | 4.—5. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1160 | 3,917 | mit | 0,161 | — 0,264 | Der Verlust | „ |
| 29 | 5.—6. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1170 | 3,182 | 3,225 g N | 0,161 | + 0,471 | ist gegenüber | „ |
| 30 | 6.—7. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 960 | 3,901 | mit | 0,161 | — 0,248 | der gleichen | „ |
| 31 | 7.—8. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1050 | 3,682 | mit | 0,161 | — 0,029 | Nahrung | „ |
| 32 | 8.—9. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 1180 | 4,905 | mit | 0,161 | — 1,252 | ohne | „ |
| 33 | 9.—10. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 765 | 3,659 | 3,225 g N | 0,161 | — 1,006 | Ammoncitrat | „ |
| 34 | 10.—11. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 930 | 3,740 | mit | 0,161 | — 0,087 | um ca. 80% | „ |
| 35 | 11.—12. | | — | „ | „ | 0,175 | 3,639 | 960 | 3,860 | mit | 0,161 | — 0,207 | geringer | „ |
| 36 | 12.—13. | | — | Nur 400/1000 der Nahrung gefressen | „ | 0,042 | 0,867 | 780 | 4,153* | mit | 0,161 | — 3,405* | „ | „ |
| 37 | 13.—14. | | 13,600 | Nahrung ganz gefressen | ca. 145 | 0,175 | — | 1310 | 2,558* | Kot | 0,069 | — 2,452* | Gesamt- verlust des | 1,0 g Karmin in Oblate. |
| 38 | 14.—15. | Nach- periode I | — | desgl. | „ | 0,175 | — | 650 | 0,688 | reichlicher wie in der | 0,069 | — 0,582 | Körpers | „ |
| 39 | 15.—16. | wie | — | „ | „ | 0,175 | — | 1040 | 1,185 | gleichen | 0,069 | — 1,079 | pro Periode | „ |
| 40 | 16.—17. | Vor- periode II | — | „ | „ | 0,175 | — | 620 | 0,675 | Vorperiode, weich, nicht | 0,069 | — 0,569 | = 8,135 g N. | „ |
| 41 | 17.—18. | „ | — | „ | „ | 0,175 | — | 1130 | 1,405 | durchfällig | 0,069 | — 1,299 | In 6 Tagen | „ |
| 42 | 18.—19. | „ | — | „ | „ | 0,175 | — | 940 | 1,030 | 42 g Trocken- kot mit | 0,069 | — 0,924 | 5,683 g | „ |
| 43 | 19.—20. | „ | — | „ | „ | 0,175 | — | 1100 | 1,336 | 0,483 g N | 0,069 | — 1,230 | = — 0,948 g pro die | „ |
| 44 | 20.—21. | Nach- periode II (ab- schließende | 13 700 | Hunger (Wasser nach Belieben) | — | — | — | 400 | 0,409 | Kotent- leerung sehr | 0,050 | — 0,459 | Gesamt- verlust | 1,0 g Karmin in Oblate. |
| 45 | 21.—22. | Hunger- periode | — | desgl. | — | — | — | 370 | 1,260 | spärlich, 8 g | 0,050 | — 1,310 | = 4,122 g N | „ |
| 46 | 22.—23. | „ | — | „ | — | — | — | 90 | 0,917 | Trockenkot | 0,050 | — 0,967 | = 1,031 g | „ |
| 47 | 23.—24. | „ | 12 000 | „ | — | — | — | 110 | 1,336 | mit 0,200 g N | 0,050 | — 1,386 | pro die | „ |

* Vgl. die Zeichenerklärung auf Seite 368 und 369.

Tabelle III (Versuch mit

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------|---------------|---|----------------------|---|---------------------------------|--|--|
| Ver- suchs- tag Nr. | Datum 1912 | Versuchs- periode | Ge- wicht in g | Zusammensetzung der Standard-Nahrung | Brutto- Kalorien pro 1 kg | N- Gehalt der Stan- dard- Nahrung in g | N- Gehalt der Zulage zur Stan- dard- Kost in g |
| 1-6 | 7.-13. III. | Vor- periode I (Hunger) | 10 000 | Hunger (Wasser nach Belieben) | — | — | — |
| 7 | 13.-14. III. | Vor- periode II (Standard- Nahrung allein) | 8000 | Täglich: 220 g Stärke + 40 g Rohrzucker + 15 g Butter + 10 Tropfen Cibils Fleischextrakt + 3 g Knochenasche + 2 Tropfen verd. Eisenchloridlösung + 3 g NaCl + 550 ccm Wasser | ca. 140 Kal. | 0,17 | 0 |
| 8 | 14.-15. | | — | | desgl. | 0,17 | 0 |
| 9 | 15.-16. | | — | | > | 0,17 | 0 |
| 10 | 16.-17. | | — | | > | 0,17 | 0 |
| 11 | 17.-18. III. | Haupt- periode (Zulage von Gelatine zur Standard- Nahrung) | 8000 | desgl. | ca. 150 Kal. | 0,17 | 2,580 |
| 12 | 18.-19. | | — | > | desgl. | 0,17 | 2,580 |
| 13 | 19.-20. | | — | > | > | 0,17 | 2,580 |
| 14 | 20.-21. | | 8200 | > | > | 0,17 | 2,580 |
| 15 | 21.-22. | | — | > | > | 0,17 | 3,322 |
| 16 | 22.-23. | | — | > | > | 0,17 | 3,322 |
| 17 | 23.-24. | | — | > | > | 0,17 | 3,322 |
| 18 | 24.-25. | | — | > | > | 0,17 | 4,983 |
| 19 | 25.-26. III. | Nach- periode wie Vor- periode II | 7900 | $\frac{400}{880}$ der Nahrung gefressen | ca. 70 Kal. | } 0,5865 | 0 |
| 20 | 26.-27. | | — | $\frac{510}{880}$ > | > 90 > | | 0 |
| 21 | 27.-28. | | — | $\frac{650}{880}$ > | > 100 > | | 0 |
| 22 | 28.-29. | | — | $\frac{725}{880}$ > | > 120 > | | 0 |
| 23 | 29.-30. | | 7500 | $\frac{755}{880}$ > | > 125 > | | 0 |

Gelatinefütterung bei Hund Nero).

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------------|--|--|---|------------------------------|---|-------------------------|
| Urin- menge ccm | N- Gehalt des Urins pro die g | Kot- menge | N- Gehalt des Kotes pro die in g | N- Bilanz pro die g | N-Bilanz pro Periode g | Bemerkungen |
| — | — | — | — | — | 16,97 g N-Verlust im Harn | |
| 70 | 1,695 | Kotentleerung reichlich. 160 g feucht, 24 g trocken mit 0,4766 g N | 0,119 | — 1,644 | Gesamt N-Verlust 6,309 g pro Periode = 1,577 g N pro die | 1 g Karmin in Oblate |
| 170 | 1,710 | | 0,119 | — 1,659 | | |
| 400 | 1,693 | | 0,119 | — 1,642 | | |
| 400 | 1,415 | | 0,119 | — 1,364 | | |
| 610 | 2,443 | Kotentleerung sehr reichlich, 822 g feucht, 47,7 g trocken mit 2,348 g N | 0,294 | — 0,013 | Gesamteinfuhr pro Periode = 26,629 g. Gesamtausfuhr = 26,849 g. N-Verlust 0,220 g = — 0,027 g N pro die | 1 g Karmin in Oblate |
| 170 | 1,694 | | 0,294 | + 0,762 | | |
| 300 | 2,000 | | 0,294 | + 0,456 | | |
| 540 | 3,460 | | 0,294 | — 1,004 | | |
| 340 | 3,075 | | 0,294 | + 0,123 | | |
| 400 | 3,879 | | 0,294 | — 0,681 | | |
| 330 | 3,170 | | 0,294 | + 0,028 | | |
| 475 | 4,780 | | 0,294 | + 0,079 | | |
| 230 | 2,163 | Kot nicht analysiert, da Nahrung nicht quantitativ gefressen | — | — | | 1 g Karmin in Oblate |
| 240 | 1,697 | | — | — | | |
| 270 | 1,394 | | — | — | | |
| 330 | 1,123 | | — | — | | |
| 250 | 2,382 | | — | — | | |

Von dieser Lösung wurden am 25. Versuchstage 100 ccm, am 26.—29. je 50 ccm der Nahrung zugesetzt.

100 ccm enthalten $20 \times 126,0 \times 1,404 \text{ mg N} = 3,538 \text{ g N}$.

Will man in diesen Lösungen annähernd den N-Gehalt bestimmen, so enthalten

von Lösung I ca. 30 g Ammoncitrat 3,428 g N

„ II „ 30 „ „ 3,538 „ „

N-Gehalt daher approximativ = 11,61 %. Diese Zahl stimmt sowohl mit den Abderhaldenschen¹⁾ wie mit den von mir in den Versuchen beim Schwein gefundenen Werten annähernd überein. Wegen der unbekanntem Volumzunahme des Wassers durch die Lösung des Ammonsalzes ist eine genaue Bestimmung in dem verwendeten Salz natürlich nicht möglich.

¹⁾ Abderhalden und Hirsch, Diese Zeitschrift, Bd. 80, S. 147, 1912.