

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band I. Jahrgang 1871.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1871.

In Commission bei G. Franz.

Sitzung vom 4. Februar 1871.

Mathematisch-physikalische Classe.

Herr Voit theilt einige Erfahrungen

„Ueber die Verwerthung gewisser Asche-
bestandtheile im Thierkörper“

mit.

Wir nennen eine Nahrung dasjenige Gemische aus Nahrungsstoffen und Genussmitteln, welches den Körper auf einer gewünschten Zusammensetzung erhält oder ihn auf diese bringt. Ein Gemenge von Nahrungsstoffen, welches den angegebenen Effekt nicht ganz hervorbringt, zu dem also noch ein Zusatz gemacht werden muss, um ihm die Bedeutung als Nahrung zu geben, heisst ein Nahrungsmittel; ein solches ist z. B. das Brod oder das Fleisch für die meisten Menschen. Ein Nahrungsstoff ist ein Stoff, welcher die Abgabe eines zur Zusammensetzung des Körpers nöthigen Stoffes verhütet, oder dessen Herstellung möglich macht.

Darnach darf keiner dieser Nahrungsstoffe in der Nahrung fehlen und es hat keiner eine grössere Wichtigkeit vor dem anderen voraus; das Wasser, das Kochsalz, der phosphorsaure Kalk, sie sind nicht weniger wichtige Nahrungsstoffe wie das Eiweiss oder das Fett. Ein Thier, in dessen Futter bei Anwesenheit aller übrigen Nahrungsstoffe

z. B. die Aschebestandtheile mangeln, geht nach dem Versuche von Dr. J. Forster nicht viel später zu Grunde wie ein gänzlich hungerndes.

Jeder Nahrungsstoff ist nahrhaft, und trägt durch seinen ihm eigenthümlichen Nährwerth seinen Theil zur Gesamtwirkung der Nahrung bei. Das Wasser ist nahrhaft, Salz oder Eiweiss sind nahrhaft, aber sie sind nicht fähig als Nahrung zu dienen. Ein Nahrungsstoff verliert seine Eigenschaft nahrhaft zu sein nicht, wenn auch längere Zeit nicht alle anderen, welche mit ihm eine Nahrung constituiren, in den Speisen zugeführt werden. Nimmt man z. B. aus einem Gemenge, das sonst als Nahrung zu dienen vermag, die Aschebestandtheile weg, so ist der Rückstand nur mehr ein Nahrungsmittel oder ein Nahrungsstoff, welcher also desshalb nicht völlig werthlos ist, sondern immer noch diejenige Rolle spielt, die den ihn zusammensetzenden Stoffen zukömmt; es fällt aus ihm nur die Wirkung der Aschebestandtheile weg.

Die Erkennung der Bedeutung gewisser Aschebestandtheile als zur Nahrung nothwendiger Nahrungsstoffe für den thierischen Organismus gehört zu den wichtigsten Errungenschaften der Physiologie, welche wir Liebig verdanken. Die zum Aufbau des Körpers verwendeten Aschebestandtheile müssen nach ihm alle in der nöthigen Menge bereit sein, wenn der Körper am Leben bleiben soll. Es kann sich jedoch, wie Dr. J. Forster gezeigt hat, ein Thier längere Zeit ernähren, wenn auch die in den Darm eingeführten Nahrungsstoffe nicht alle Salze in der für die Prozesse im Körper nöthigen Quantität einschliessen, da die durch die Zersetzung der organischen Stoffe im Thierleib frei gewordenen Salze sich zu den vom Darm aus in das Blut kommenden hinzuaddiren und nochmals verwendet werden können. Es dürfen auch neben den nothwendigen Aschebestandtheilen noch andere gereicht werden und in das Blut gelangen, da die Organe die Fähigkeit besitzen, die verwendbaren Salze

für sich auszuwählen und die zu ihrer Erhaltung untauglichen wieder auszuscheiden; wenn z. B. eine Perlmuschel zum Aufbau ihrer dicken Kalkschalen aus einem an Alkali und Kieselerde reichen, dagegen an Kalk armen Wasser mindestens 15000 Liter Bachwasser verarbeiten muss, so durchlaufen grosse Mengen von Alkalien und Kieselerde unbenützt das Thier.

Es gibt nun aber einige Gebilde, deren Asche mehr Phosphorsäure enthält als zur Herstellung von Salzen mit 2 Aequivalenten MO mit den vorhandenen Alkalien und alkalischen Erden gehört, so z. B. das Muskelfleisch, das Eigelb, das Nervenmark, der Weizen, wogegen die Milch, das Blut, das Eialbumen, die Erbsen überschüssiges Alkali enthalten. Man sollte meinen, dass sich im Thierkörper bei dem Vorhandensein freier Phosphorsäure in der Asche des Verzehrten kein freies Alkali abtrennen könnte. Diese Gebilde würden dann in der That aus Mangel an freiem Alkali nie als Nahrung dienen können, da das Plasma des Blutes die Inter-cellularflüssigkeiten, der Chylus und die Lymphe freies Alkali voraussetzen; Muskelfleisch, Eigelb, Weizen etc. etc. wären daher nur Nahrungsmittel.

Es könnte scheinen, als ob diese Anschauung durch den Versuch am Thier erwiesen sei.

Chossat hat angegeben, dass Tauben, die ausschliesslich mit Getreide gefüttert werden, nach 2—3 Monaten sich nicht mehr in gesundem Zustande befinden, und nach 8—10 Monaten unter Diarrhöen zu Grunde gehen; obwohl Chossat, welcher eine Abnahme der Knochensubstanz bei den Tauben beobachtet haben wollte, als Todesursache Mangel an Kalk angibt, so wäre es doch sehr wohl möglich, dass der Mangel an freiem Alkali die Ursache war. Ich habe enthirnte Tauben, welche nie von selbst fressen, lange Zeit, in einem Falle gegen zwei Jahre nur mit Weizenkörnern

und unserem kalkreichen Wasser gefüttert, ohne irgend welche Ernährungsstörungen dabei zu beobachten.

Auch vom Eidotter glaubte man, dass er seiner sauren Asche halber nicht ernähren könne und man wurde in dieser Ansicht durch die Versuche von Magendie bestärkt, welcher wahrnahm, dass Hunde am ersten Tage 12—14 Stück Dotter mit einigen Zeichen von Widerwillen frassen, dass sie am zweiten Tage nur mehr einen Theil davon zu sich nahmen, am vierten Tage gar nichts mehr berührten. Man kann jedoch aus derlei Versuchen nicht auf die Unfähigkeit einer Substanz, als Nahrung zu dienen, schliessen, sondern nur darauf, dass die Thiere eben die Substanz auf die Dauer zu fressen verweigerten, wie ich es nur zu oft bei Hunden erfahren habe, welche sich dann bei zwangsweiser Beibringung derselben trefflich nährten. Wenn Magendie weiter angibt, dass mit harten Eiern (also mit Dotter und Albumen) gefütterte Hunde zwar lange Zeit lebten, jedoch schwach und mager wurden, die Haare verloren, und nach ihrem ganzen Aussehen eine unvollkommene Nutrition verriethen, so weiss man nicht, wie viel dabei auf Mangel an Substanz zu schieben ist, da ein Hund von 25—30 Kilo Gewicht zum Mindesten täglich 20 harte Eier (entsprechend 580 Fleisch und 100 Fett) zur Erhaltung nöthig hat. Ich wollte nicht die grosse Ausgabe machen, einen Hund längere Zeit mit Eidotter zu füttern, wozu man täglich etwa 40 Stück, entsprechend 480 Fleisch und 200 Fett, bedürfte; ich habe daher Tauben Wochen lang damit geschoppt, dieselben am Leben und auf ihrem Gewicht erhalten, und bis zuletzt die Alkalescenz des Blutes fortdauern sehen.

Man kann endlich Hunde mit Fleisch allein, oder mit Fleisch und reinem Fett Jahre lang völlig ernähren.

Aus diesen Erfahrungen geht wohl zur Genüge hervor, dass der Thierkörper sich erhält, wenn ihm auch Substanzen zugeführt werden, die eine Asche hinterlassen, welche mehr

Phosphorsäure einschliesst als dazu gehört, die darin befindlichen Alkalien und alkalischen Erden in zweibasisch phosphorsaure Salze zu verwandeln. Es muss also dem Blute und den Säften die Fähigkeit zukommen, ihren Ueberschuss an Alkali mit grosser Kraft festzuhalten, und auch aus sauren Alkalisalzen unter Abscheidung der überflüssigen Säure zu ergänzen.

Wäre dies nicht möglich, so könnte aus verschiedenen Ursachen dem Leben ein Ziel gesetzt werden.

Es könnte das phosphorsaure Salz mit der freien Phosphorsäure, nachdem vielleicht einige Organe mit ähnlicher Aschezusammensetzung ihr Material daraus bezogen haben, gleich wieder aus dem Blute entfernt werden; in diesem Falle würde der Tod aus Mangel an freiem Alkali in den Säften zu einer Zeit eintreten, in welcher sonst ein Thier an Inanition durch Aschemangel zu Grunde geht. Dabei wäre aber vorausgesetzt, dass die zur Ausscheidung bestimmte, freie Phosphorsäure enthaltende Asche dem Blute kein Alkali entzieht; thut sie dies, indem die Säure oder das saure Salz durch das freie Alkali des Blutes zu basischem Salz wird, so würde das Thier, z. B. eine Taube bei Fütterung mit viel Eidotter, schon in ganz kurzer Zeit in Folge der Entziehung des Alkalis und eintretender Säuerung des Blutes nicht mehr am Leben bleiben können.

Da dies Alles aber nicht eintritt, so muss das Blut wirklich die genannte Fähigkeit besitzen. Dies ist, wenn man sich an andere Vorgänge im Körper erinnert, durchaus nicht auffallend. Aus dem Blute stammen die Stoffe der übrigen Organe. Die Aschebestandtheile des Muskels, des Gehirns, des Eidotters sind vom Blute zugeführt worden und haben sich von ihm abgetrennt; sie behalten ihre typische Zusammensetzung, obwohl fortwährend Blut und Ernährungsflüssigkeit mit überschüssigem Alkali durch sie hindurchströmen. Die graue Substanz des Gehirns gibt eine alkalisch reagirende Asche, die

danebenliegende weisse eine saure. Das Blut ist ein Organ wie die andern auch; sowie diese ihre eigenthümliche Aschezusammensetzung mit überschüssiger Phosphorsäure erhalten auch bei Ernährung mit Milch mit überschüssigem Alkali, so erhält das Blut die seinige bei Zufuhr und Durchströmen von Substanzen, welche eine Asche mit überschüssiger Phosphorsäure liefern; ja es haben die Blutkörperchen bekanntlich ganz andere Aschebestandtheile als das sie umspülende Plasma, aus dem sie ihre Asche beziehen.

Das Blut hat wie jedes Organ seine bestimmten Aschebestandtheile; das zur Zusammensetzung Gehörige wird mit grosser Kraft zurückgehalten, das nicht dazu Gehörige wird an die anderen bedürftigen Organe abgegeben, oder aus dem Körper entfernt, da es nicht festgehalten wird, wie z. B. Jodkalium oder überschüssiges Kochsalz. Ebenso müssen wir annehmen, dass auch eine überflüssige Säure, z. B. Phosphorsäure oder saures phosphorsaures Salz ausgeschieden wird, indem das Blut energisch sein Alkali festhält.

Dass solche Trennungen möglich sind, zeigen uns die bekannten Erfahrungen von Graham, nach denen bei der Diffusion von Alaun ein an schwefelsaurem Kali reicherer Theil leichter übergeht, oder bei der Diffusion von doppelt-schwefelsaurem Kali ein an Schwefelsäure reicheres Gemische; es findet ebenfalls eine Trennung der Art durch Capillarwirkung statt, wenn von einer verdünnten Säure- oder Kali-lösung das Wasser leichter in die Poren von Papier eingesogen wird, wie Schönbein dargethan hat. Ich habe diese Verhältnisse durch einen Versuch nachzuahmen gesucht; ich liess stark alkalisches Eiereiweiss, dem ich etwas verdünnte Phosphorsäure, aber nicht so viel um die alkalische Reaktion aufzuheben, zugesetzt hatte, durch Pergamentpapier oder Harnblase gegen Wasser osmiren, ich war jedoch nicht im Stande in dem zuerst Uebergegangenen freie Säure nachzuweisen. Der Versuch muss auf eine andere Art gemacht werden.

Wenn man nach Genuss von verdünnter Schwefelsäure den Harn stärker sauer werden sieht, so beweist dies, dass aus dem alkalischen Blute die Säure sich abtrennen kann, ebenso wie die alkalische Reaktion des Blutes nach andauernder Fütterung mit einer Substanz, welche eine stark saure Asche liefert. Ganz dasselbe zeigt auch Jul. Lehmann's Entdeckung von dem Vorhandensein freier Phosphorsäure neben sauren phosphorsauren alkalischen Erden im Schweineharn nach Fütterung mit der eine sauer reagirende Asche gebenden Kleie

Nach den von Vielen bestätigten Beobachtungen von Wöhler gehen in den Darm eingeführte Pflanzensäuren z. B. Weinstein-säure oder Essigsäure aus dem Blute unverändert in den Harn über, pflanzensaure Alkalien dagegen werden zu kohlen-sauren oxydirt und machen den Harn alkalisch. Würden die Pflanzensäuren im Blute für genügende Zeit das freie Alkali in Beschlag nehmen, so müssten sie auch als kohlen-saure Alkalien im Harn erscheinen; so aber wird das freie Alkali vom Blute festgehalten und die Säure als solche rasch ab-geschieden. Niemals gelangt so viel Säure vom Darm aus in das lebende Blut, dass es dadurch eine saure Reaktion annimmt und deshalb die Oxydation nicht vor sich geht, da das Blut stets in grossem Ueberschusse ist und in jedem Moment nur sehr wenig Säure in das Blut resorbirt wird. Wenn nicht immer nur geringe Mengen von Substanz über-treten würden, welche darnach alsbald zur Ausscheidung oder Zerstörung kommen, so müsste das Alkali des Blutes oder des Chylus durch den stark sauren Chymus häufig abgestumpft werden; statt dessen findet man den Inhalt der Gefässe des mit saurem Speisebrei gefüllten Darmes stark alkalisch reagirend.

Die Asche des Muskelfleisches reagirt alkalisch; sie ent-hält nur sehr wenig mehr Phosphorsäure als zur Bildung von Salzen mit 2 MO nöthig ist; darum gibt auch der Harn nach Fütterung mit reinem Muskelfleisch oder der bei Hunger gelassene Harn eine alkalisch reagirende Asche. Es ist in dem

Blute die bei der Zersetzung des Fleisches entstehende alkalische Asche überflüssig und sie geht in den Harn über, wobei, wie Liebig gezeigt hat, durch organische Säuren oder auch durch Kohlensäure Alkali in Beschlag genommen wird und saure Salze erzeugt werden, welche dann die saure Reaktion des frischen Harnes bedingen. Man sollte glauben, dass bei längerer Zurückhaltung des Harnes z. B. nach Exstirpation der Nieren eine saure Reaktion des Blutes zu finden ist, wenn die organischen Säuren nicht verbrennen oder andere Veränderungen nicht früher dem Leben ein Ende machen.

Das feine Weizenmehl schliesst etwas mehr freie Phosphorsäure ein als der Muskel, jedoch noch nicht so viel um mit den vorhandenen Alkalien saure Salze mit 1 MO zu bilden; seine Asche reagirt schwach sauer.

Der Eidotter endlich gibt sogar so viel Phosphorsäure als zur Erzeugung saurer Salze mit 1 MO mit den Alkalien und alkalischen Erden der Asche gehören würde; seine Asche reagirt stark sauer. Darum gibt auch der Harn einer mit Eidotter ernährten Taube eine sauer reagirende Asche, einer mit Erbsen ernährten Taube dagegen eine alkalische. Ersterer müsste eine alkalische Asche liefern, wenn die sauren phosphorsauren Salze des Dotters sich nicht aus dem alkalischen Blute abzuscheiden oder freies Alkali für den Ersatz des Blutalkalis abzutrennen vermöchten, sondern vielmehr dem Blute das zu ihrer Neutralisation nöthige Alkali entziehen würden.

Aus den vorstehenden Betrachtungen erhellt, dass nicht jeder Bissen, den wir verschlucken, genau die Zusammensetzung der Asche zu haben braucht, wie sie dem Blute oder den Organen entspricht, es sind vielmehr in dem Körper die mannigfachsten Ausgleichungen möglich.

Es gibt jedoch einen Fall, wo eine solche Abscheidung der freien Phosphorsäure in den Harn nicht möglich ist und

doch Organe entstehen, nämlich bei der Entwicklung des Embryo aus dem Eidotter. Man suchte jedoch über diese Schwierigkeiten sich hinwegzuhelfen.

Prout hatte einmal unbebrütete und bebrütete Hühner-eier auf ihre Aschebestandtheile verglichen und angegeben, dass die letzteren mehr Kalk enthalten als die ersteren. Früher, ehe man mit dem Aschegehalt der organisirten Theile vertraut war, konnte man sich nicht vorstellen, woher der für den Aufbau des Skelettes des jungen Thiers nöthige Kalk komme; man liess ihn daher einfach durch die Lebenskraft entstehen. Zur Annahme einer Erzeugung von Kalk aus anderen Substanzen schien nun auch Prout nicht abgeneigt zu sein, jedoch konnte sich eine solche Ansicht nicht halten; man liess daher zur Erklärung des Kalküberschusses im bebrüteten Ei denselben, wie es am natürlichsten war, von der Kalkschale stammen.

Man konnte diesem Vorgange eine dreifache Bedeutung zuschreiben. Einmal sollte dadurch die Schale dünner gemacht werden, damit das entwickelte Hühnchen sie leichter zu sprengen vermag; ferner sollte die freie Phosphorsäure des Dotters neutralisirt werden, um die Bildung des alkalischen Blutes möglich zu machen; endlich sollte auf diese Weise der phosphorsaure Kalk für das Skelett des jungen Thiers geliefert werden, da der Kalkgehalt des Eiinhaltes dafür nicht ausreicht.

Schon Gorup-Besanez hat in seinem vortrefflichen Lehrbuche der physiologischen Chemie gegen die Versuche von Prout, auf welche jene Sätze aufgebaut waren, mit Recht Einiges eingewendet. Er hat darauf aufmerksam gemacht, dass Prout neben der Zunahme der alkalischen Erden eine Abnahme der Alkalien und des Chlors während der Bebrütung gefunden hat. Das letztere Resultat ist aber nur durch einen Fehler in der Methode zu erklären. Dieser wird sich auch ganz einfach darin finden lassen, dass Prout

die Asche beliebiger unbebrüteter Eier mit der Asche bebrüteter nach der Reduktion auf gleiches Eigewicht verglichen hat, was natürlich ganz unzulässig ist. Aus diesem Grunde, und da ausserdem Prévost und Morin bei der Bebrütung keine Abnahme in dem Gewichte der Kalkschalen finden konnten, hielt es Gorup-Besanez für wünschenswerth die Angaben von Prout mit Berücksichtigung der Eischale genau zu prüfen.

Dies hat nun auch Herr stud. med. Ernst Hermann der Sohn des verstorbenen berühmten Mitgliedes unserer Akademie, des Nationalökonomen von Hermann, in meinem Laboratorium auf meinen Vorschlag hin gethan.

Es wurden frisch gelegte Eier von ein und derselben Henne genommen; zwölf davon wurden im unbebrüteten Zustande untersucht, acht erst am 19. Tage der Bebrütung durch die Henne. Das Gewicht der bei 100° getrockneten Kalkschalen hatte sich während der Bebrütung nicht geändert, und auch nicht ihr Gehalt an anorganischen Stoffen.

Man sollte auf den ersten Blick meinen, dass unter solchen Verhältnissen eine Entwicklung des Hühnchens mit allen seinen Organen unmöglich ist. Es bietet sich jedoch vielleicht ein Ausweg, wenn man bedenkt, dass die freie Phosphorsäure der Asche des Eidotters zum grössten Theile von dem Phosphorsäuregehalt des Lecithin's herrührt. Erschöpft man nämlich den Eidotter mit Aether und Alcohol, so gibt die zurückbleibende vollkommen weisse Masse eine neutral oder höchstens ganz schwach sauer reagirende Asche; ähnlich verhält sich die weisse Gehirnsubstanz. Man könnte nun annehmen, das Lecithin des Eidotters werde zum Lecithin des Nervenmarkes und der weissen Gehirnsubstanz des Embryos, und so werde dann, wenn noch die Muskeln mit ihrer freien Phosphorsäure enthaltenden Asche aufgebaut sind, genügend freies Alkali für das Blut gewonnen. Wenn dies die richtige Erklärung wäre, dann müsste die Asche des eben

ausgeschlüpften Hühnchens sauer reagiren, was aber nicht der Fall ist.

Die Wahrheit liegt viel näher. Man hatte nämlich bei jenen Betrachtungen übersehen, dass sich das Hühnchen nicht nur aus dem Dotter entwickelt, sondern dass es auch nach und nach das Albumen in sich aufnimmt. Die sehr stark alkalisch reagirende Asche des Albumens enthält viel mehr freies Alkali als das Blut und die Milch; die Asche von dem Dotter und Albumen eines Eies reagirt noch stark alkalisch und schliesst soviel Alkalien und alkalische Erden ein, um mit aller Phosphorsäure Salze mit 2 MO zu bilden. Es ist also leicht anzugeben, woher in unserem Falle das Alkali für das Blut rührt; dem ganzen Ei mangelt es nicht an Alkalien und es enthält alle Bestandtheile zum Aufbau des Embryos und zur Ernährung eines ausgewachsenen Organismus.

Es kann dies auch, wie man bei näherer Ueberlegung einsieht, gar nicht anders sein, denn viele Eier z. B. die der Amphibien, der Fische etc. etc. haben bei der nämlichen Zusammensetzung des Dotters wie derjenige der Hühnereier keine Kalkschale. Auch aus solchen Eiern bildet sich alkalisches Blut und auch in ihnen findet sich genug Kalk zur Entwicklung des Skelettes des Embryos.
