

Untersuchungen über die durch Magensaft unlöslich bleibenden stickstoffhaltigen Substanzen der Nahrungs- und Futtermittel.

Von

Dr. A. Stutzer in Bonn.

(Der Redaktion zugegangen am 27. November 1884).

Vor einigen Jahren machte ich darauf aufmerksam, dass die Nh-Bestandtheile der vegetabilischen Nahrungs- und Futtermittel, abgesehen von nur selten und in minimalen Mengen darin vorkommenden Alkaloiden und Glycosiden, in der Regel aus drei verschiedenen Gruppen von Stoffen bestehen, und theilte gleichzeitig Methoden mit, nach denen diese drei Gruppen von einander getrennt werden können¹⁾.

In fast allen Vegetabilien finden wir in Wasser lösliche und mit Kupferoxydhydrat in neutralen Flüssigkeiten lösliche Verbindungen bildende Amidstoffe, deren Hauptrepräsentant das Asparagin ist; eine zweite Gruppe umfasst die Eiweissstoffe, welche bei der Verdauung im thierischen Organismus durch das im Magen enthaltene salzsaure Pepsin gelöst werden können und von den Amiden chemisch sich dadurch unterscheiden, dass sie mit Kupferoxydhydrat in neutralen Flüssigkeiten unlösliche Verbindungen bilden. Ausserdem enthalten die vegetabilischen Nahrungs- und Futtermittel als dritte Gruppe gewisse stickstoffhaltige Substanzen, welche weder in Wasser noch in salzsaurer Pepsinlösung löslich sind, und möchte ich diese Letzteren vorläufig als «schwerlösliche Nh-Substanz» bezeichnen, da die

1) Journal für Landwirthschaft von Henneberg und Drechsler 28. Jahrg. 1881, S. 103, 195, 435.

früher von mir gewählte Benennung «Nuclein» zu Vorstellungen Anlass gegeben hat, die bei der Wahl des Namens «Nuclein» mir ganz fern lagen. In mehrfacher Hinsicht dürfte es von Interesse sein, das Verhalten der schwer löslichen Nh-Substanzen gegen Fermentlösungen genauer kennen zu lernen, um event. aus solchen ausserhalb des thierischen Organismus unter geeigneten Verhältnissen gemachten Beobachtungen Schlussfolgerungen über den Nährwerth dieser fast unbekanntes Stoffe machen zu können, da durch Versuche an lebenden Thieren es kaum möglich sein wird, in dieser Beziehung ein klareres Bild sich zu verschaffen, weil in letzterem Falle die betreffenden Resultate durch die Thätigkeit der im Darm reichlich vorhandenen Fäulniss-Bakterien, sowie durch die durch den Stoffwechsel bedingten und den zu untersuchenden Excrementen beigemengten Nh-Auswurfstoffe (Gallenbestandtheile, Mucin etc.) sehr leicht getrübt werden können.

Nachdem ich zunächst durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt hatte, dass die schwer löslichen Nh-Bestandtheile durch das Ferment der Magenschleimhaut unlöslich bleiben¹⁾, bezweckte ich durch weitere Versuche die Wirkung von alkalischem Pancreassaft auf Nh-Nährstoffe zu beobachten und verwendete Cocosnüsse, welche durch Pressen vom grössten Theile ihres Oeles befreit waren und unter dem Namen «Cocoskuchen» einen für Fütterungszwecke dienenden Handelsartikel bilden, in der Weise als Untersuchungsobjekt, dass ich zu ermitteln suchte, wie viel von dem darin enthaltenen Stickstoff einerseits durch Einwirkung von saurer Pepsinlösung und andererseits von in verschiedener Weise zubereiteten Pancreasauszügen ungelöst blieb²⁾. Die Versuche ergaben, dass alkalischer Pancreassaft nicht so energisch auf Proteinstoffe einwirkt wie salzsaure Pepsinlösung, es wurden in einzelnen Fällen durch künstliche Verdauung mit Pancreas Resultate erhalten, welche den durch Pepsinlösung bewirkten zwar sehr nahe kamen, indess waren unter den angegebenen

¹⁾ Loco citato.

²⁾ Journal für Landwirtschaft, 29. Jahrg., S. 473.

Verhältnissen in keinem einzigen Falle die durch Pancreasferment erhaltenen Verdauungs-Coefficienten günstiger als die durch Pepsin-Verdauung erzielten. Ich glaubte davon Abstand nehmen zu dürfen, andere thierische Secrete auf Eiweiss verdauende Eigenschaften zu prüfen, weil gar nicht festgestellt ist, ob ausser Pepsin und Pancreasferment ähnlich wirkende Fermente im thierischen Organismus existiren. Die Ansicht, dass der Darmsaft Eiweiss verdauende Wirkungen besitzt, ist bisher nicht erwiesen und fehlen nach Ansicht von Hoppe-Seyler¹⁾ überhaupt die genauen Nachweise der Existenz eines besonderen Darmsaftes. Sollten später neue, die Verdauung von Eiweiss bewirkende Fermente im thierischen Organismus aufgefunden werden, so ist wohl anzunehmen, dass dieselben schwächer wie Pepsin und Pancreas wirken, weil anderenfalls ihr Vorkommen längst mit Sicherheit constatirt wäre, und glaube ich somit eine gewisse Berechtigung zu haben, alle diejenigen Nh-Stoffe, welche unter geeigneten Verhältnissen durch die Fermente der Magenschleimhaut und Pancreasdrüse nicht gelöst werden können, als thatsächlich werthlos für die Ernährung des thierischen Organismus anzusehen.

Die erwähnten Versuche mit Pancreasauszügen habe ich in neuerer Zeit fortgesetzt, nachdem inzwischen von Pfeiffer durch Fütterungsversuche an lebenden Thieren hinsichtlich gewisser Futtermittel der Nachweis erbracht war, dass ein Theil des durch Pepsinlösung unlöslichen Stickstoffes im animalen Organismus sich dennoch aufzulösen vermag²⁾.

Pfeiffer nimmt als selbstverständlich an, dass die durch Fütterungsversuche beobachtete Löslichkeit der Proteinstoffe für die Ermittlung des Nährwerthes derselben die höchste entscheidende Instanz ist, und kann ich ihm ohne Weiteres hierin nicht vollständig beipflichten, indem ich daran erinnere, zu welchen Schlussfolgerungen man bei einer anderen vegetabilischen Substanz, der Cellulose, durch Fütterungsversuche vor den Versuchen von Tappeiner gelangt war, und wird

1) Hoppe-Seyler: *Physiol. Chemie*, S. 270.

2) *Journal für Landwirthschaft*, 31. Jahrg., S. 221.

es in Zukunft vielleicht nöthig sein, neben den Fütterungsversuchen gleichzeitig eine Classificirung der in dem zu verabreichenden Futter enthaltenen Nährstoffe nach Massgabe ihres Verhaltens zu chemischen Reagenzien und zu Fermentlösungen ausserhalb des thierischen Organismus unter Ausschluss der «geformten Fermente» und der bei Fütterungsversuchen lästigen Stoffwechselprodukte vorzunehmen.

Bei meinen neuen Versuchen über Wirkung von Pancreasferment verwendete ich verschiedene Nahrungs- und Futtermittel, während ich früher (abgesehen von einem ganz vereinzelt, durch keine Controlanalyse bestätigten Versuch mit Luzerneheu) nur mit den Nh-Stoffen der Cocosnuss und Palmnuss (von *Cocos nucifera* und *Elaeis guineensis*) gearbeitet hatte. Der Pancreasauszug wurde hergestellt, indem ich vom Fett möglichst befreites Rinds-Pancreas 24 Stunden an der Luft liegen liess¹⁾, dann mit Sand fein zerrieb, mit verdünntem Glycerin übergoss, nach 4—6 Tagen die Flüssigkeit abpresste und filtrirte. Zu 400 gr. Pancreas nahm ich 1 Liter Wasser und 1 Liter Glycerin. Durch nachfolgenden Versuch überzeugte ich mich von der Wirksamkeit des Pancreasauszuges: Auf je 2 gr. fein gemahleneu Palmkernkuchen, von welchem durch künstliche Magenverdauung 0,541% N ungelöst blieben, liess ich, in unverdaulichem Zustande, 8 Stunden lang bei + 40° einwirken:

- a) 100 chem. Pancreaslösung mit 1,2% Soda versetzt, und fand in dem unlöslichen Rückstande = 0,550% N.
- b) 100 chem. Wasser mit 1,2% Soda versetzt, liessen ungelöst = 1,019% N.

Versuche mit Pancreas müssen bekanntlich bei alkalischer Reaction vorgenommen werden und habe ich durch einige, zunächst zu erwähnende Versuche zu ermitteln versucht, ob die Sodalösung an und für sich, ohne Pancreas, eine gewisse Menge der «schwer löslichen» N-Verbindungen zu lösen vermag, oder ob die Lösung lediglich durch das Pancreasferment bewirkt wird.

1) Cf. Heidenhain: Pflüger's Archiv, Bd. X., S. 582.

1. Wirkung von Soda auf die schwer löslichen N_h-Stoffe von Roggenstroh.

Das zur Untersuchung dienende fein gemahlene Roggenstroh enthielt an Stickstoff, durch künstliche Magenverdauung unlöslich bleibend:

1.	0,206 ‰ N
2.	0,206 » »

Mittel = 0,206 ‰ N.

Nach darauf folgendem, mehrstündigen Digeriren mit 1/2 procentiger Sodalösung bei + 40° C. blieben ungelöst:

3.	0,136 ‰ N
4.	0,075 » »

Mittel = 0,105 ‰ N.

Es waren demnach durch das kohlen saure Natron relativ erhebliche Mengen N in Lösung gegangen.

2. Versuche mit Grasblättern.

Die Ermittlung des durch künstliche Magenverdauung unlöslichen Stickstoffes ergab:

5.	0,490 ‰ N
6.	0,460 » »

Mittel = 0,475 ‰ N.

Durch nachfolgendes Digeriren mit 1/2 procentiger Sodalösung (auf wasserfreie Soda berechnet) blieb unlöslich:

7.	0,365 ‰ N.
----	------------

3. Versuche mit «Palmkernkuchen»

(den gepressten Samenkernen von *Elaeis guineensis*).

Nach Behandeln mit Pepsinlösung waren unlöslich:

8.	0,540 ‰ N
9.	0,542 » »

Mittel = 0,541 ‰ N.

Darauf mit 1/2 procentiger Sodalösung digerirt:

10.	0,331 ‰ N
11.	0,344 » »
12.	0,300 » »

Mittel = 0,325 ‰ N.

In der nach Einwirkung von Sodalösung erhaltenen Flüssigkeit liessen sich, nachdem grössere Mengen Palmkernkuchen in Arbeit genommen waren, nach dem Neutralisiren,

Zusatz von CuO_2H_2 , Abfiltriren und Auswaschen des Niederschlages in letzterem minimale Mengen N mit Sicherheit nachweisen (0,075%). Aus welchen Bestandtheilen diese N-Verbindungen bestehen, ob Soda nur lösend oder gleichzeitig zersetzend wirkte und im letzteren Falle Spuren von Eiweiss aus den «schwer löslichen Nh-Stoffen» gebildet wurden, ist eine Frage, die vorläufig nicht beantwortet werden kann. Sodann wurde Palmkernkuchen, welcher an Eiweiss-N und schwer löslichem N zusammen = 2,560% enthielt, direkt mit $\frac{1}{2}$ procentiger Sodalösung (ohne vorherige Pepsinverdauung) digerirt und waren nun unlöslich:

13.	0,912 % N
14.	0,920 » »
15.	0,011 » »

Mittel = 0,947 % N.

Durch spätere Behandlung des von Soda nicht angegriffenen Rückstandes mit salzsaurer Pepsinlösung blieben unlöslich:

16.	0,402 % N
17.	0,390 » »

Mittel = 0,396 % N.

Es hatte somit auch in diesem Falle die Soda sowohl auf das eigentliche Eiweiss, wie auf die durch Pepsin unlöslich bleibenden Nh-Stoffe lösend eingewirkt.

4. Wirkung von alkalischem Pancreasauszug auf den schwer löslichen N des Palmkernkuchens.

Das zur Untersuchung benutzte Futtermittel enthielt nach der Behandlung mit frisch bereiteter salzsaurer Pepsinlösung¹⁾ an nicht löslichem Stickstoff:

18.	0,458 % N
19.	0,466 » »
20.	0,460 » »

Mittel = 0,461 % N.

Auf den unverdauten, aus 2,0000 gr. Palmkernkuchen erhaltenen Rückstand liess ich bei jedem der folgenden Versuche²⁾ 100 chem. Pancreasauszug, nachdem derselbe mit

¹⁾ Cf. Journal für Landwirthschaft, Bd. 29, S. 478.

²⁾ Dieselben Verhältnisse wurden auch bei den anderen Nahrungs- und Futtermitteln eingehalten.

kohlensaurem Natron alkalisch gemacht war, 6—8 Stunden lang bei + 40° einwirken und zwar setzte ich bei Nr. 21 und 22 = $\frac{1}{2}$ ‰, bei Nr. 23 und 24 = 1 ‰ kohlensaures Natron (auf wasserfreies Salz berechnet) hinzu. Die Flüssigkeit wurde dann filtrirt, mit Wasser der unlösliche Rückstand ausgewaschen, der letztere getrocknet und zur N-Bestimmung benutzt. Resultate:

21.	0,451 ‰ N
22.	0,435 » »
23.	0,435 » «
24.	0,482 » »

Mittel = 0,450 ‰ N.

Später wiederholte ich die Versuche mit einem 10 Tage alten Pancreasauszuge, dem zur besseren Haltbarkeit etwas Chloroform zugesetzt war, und fand:

25.	0,487 ‰ N
26.	0,487 » »
27.	0,487 » »
28.	0,451 » »

Mittel = 0,478 ‰ N.

Nr. 25 und 26 hatten = $\frac{1}{2}$ ‰, Nr. 27 und 28 = 1 ‰ Sodazusatz erhalten. Bei den Versuchen Nr. 21—24 war demnach ein Plus von 0,01 ‰ N, bei Nr. 25—28 ein Minus von 0,01 ‰ N gegen Pepsinverdauung gefunden, welche Resultate jedenfalls innerhalb der zulässigen analytischen Fehlergrenzen liegen dürften und waren somit die durch Pepsin unlöslich bleibenden Nh-Bestandtheile des Palmkuchens durch Pancreasferment nicht angegriffen. Auch grössere Mengen Pancreas wirken nicht lösend und wurde selbst durch Anwendung der doppelten Menge, 1 ‰ Soda enthaltenden Pancreasauszuges kein N aus den mit Pepsin behandelten Palmkornkuchen gelöst.

Die gleichen Beobachtungen hatte ich schon früher bei den Nh-Bestandtheilen der Cocosnüsse und Palmnüsse gemacht¹⁾ und erkläre ich mir die Thatsache, dass $\frac{1}{2}$ —1 procentige Sodalösung ohne Ferment energischer wirkte als

¹⁾ Journal für Landwirtschaft, Bd. 29, S. 486.

bei Gegenwart von Pancreasauszug dadurch, dass die N-lösende Wirkung der Soda durch gleichzeitig vorhandene, aus der Pancreasdrüse herstammende organische Stoffe abgeschwächt und event. ganz aufgehoben wird.

5. Wirkung von Pancreas auf den schwer löslichen N des Heues.

Ein Gemisch von Luzern- und Grasheu wurde fein gemahlen und nur die feineren, vorzugsweise den Blättern entstammenden Antheil zu folgenden Versuchen benutzt; das Heu enthielt an N, durch Pepsinlösung unlöslich bleibend:

29.	0,293 ‰ N
30.	0,293 » »

Mittel = 0,293 ‰ N.

Der Rückstand von der Pepsinverdauung enthält nach der Behandlung mit Pancreasauszug;

(+ 1 ‰ Soda)	31.	0,220 ‰ N
»	32.	0,207 » »

Mittel = 0,213 ‰ N.

(+ 1,20 ‰ Soda)	33.	0,281 ‰ N
»	34.	0,261 » »

Mittel = 0,271 ‰ N.

Bei Versuch 31 und 32 sind somit 27 ‰, bei 33 und 34 = 7 ‰ des durch Pepsin unlöslichen Stickstoffs gelöst.

6. Wirkung von Pancreas auf den schwer löslichen N des Cacao.

Ein nach holländischem Verfahren hergestelltes Cacaopulver enthält an N durch Pepsin unlöslich bleibend:

35.	1,554 ‰ N
36.	1,526 » »

Mittel = 1,540 ‰ N.

Durch nachfolgende Pancreasverdauung unter Zusatz von $\frac{1}{2}$ ‰ Soda waren unlöslich:

37.	1,139 ‰ N
38.	1,113 » »

Mittel = 1,126 ‰ N.

Gelöst sind demnach durch Pancreas = 26 ‰ der schwer löslichen Nh-Stoffe.

7. Wirkung des Pancreas auf den schwer löslichen N des getrockneten Fleisches.

Das von der Aktiengesellschaft Carne pura in den Handel gebrachte Fleischmehl ist ein gleichmässiges, haltbares Produkt, mit dem ich folgende Versuche ausführte, nachdem dasselbe sehr fein gemahlen und mit Aether extrahirt war, um nach Entfernung des Fettes eine schnellere Filtration der mit Fleischmehl behandelten Flüssigkeiten zu ermöglichen.

Das Präparat enthielt nach Behandlung mit salzsaurer Pepsinlösung an nicht löslichem N:

39. 0,219 ‰ N

40. 0,221 » »

Mittel = 0,220 ‰ N.

Durch nachfolgende Pancreasverdauung in Gegenwart von $\frac{1}{2}$ ‰ Soda blieben unlöslich:

41. 0,157 ‰ N

42. 0,157 » »

43. 0,188 » »

Mittel = 0,167 ‰ N.

Es sind somit 24 ‰ des schwer löslichen Stickstoffs durch Pancreas gelöst.

8. Wirkung von Pancreas auf den schwer löslichen N von Schiffszwiback.

Fein gemahlener, aus Hamburg bezogener Schiffszwiback enthielt an N durch Pepsinlösung unlöslich bleibend:

44. 0,240 ‰ N

45. 0,240 » »

Mittel = 0,240 ‰ N.

Durch nachfolgende Pancreasverdauung in Gegenwart von 1 ‰ Soda blieben unlöslich:

46. 0,200 ‰ N

47. 0,184 » »

48. 0,212 » »

Mittel = 0,198 ‰ N.

In Gegenwart von $\frac{1}{2}$ ‰ Soda:

49. 0,240 ‰ N

50. 0,240 » »

Mittel = 0,240 ‰ N.

Es sind demnach mit 1% Soda = 27% in Lösung gegangen.

Die früher von mir mit Cocos- und Palmkernkuchen angestellten Verdauungsversuche hatten, wie schon erwähnt, ergeben, dass alkalische Pancreaslösung von den durch Magensaft unverdaulichen Nh-Bestandtheilen nichts zu lösen vermag und war es jedenfalls das Spiel eines unglücklichen Zufalls, dass ich zu den damaligen Versuchen nur solche Futtermittel benutzte, denen thatsächlich diese Eigenschaft zukommt. Die neueren Versuche zeigen, dass von anderen Nahrungs- und Futtermitteln ein Theil des durch Pepsin unlöslichen Stickstoffs durch alkalischen Pancreassaft verdaut werden kann, und würde demnach zur Feststellung des Verdauungs-Coefficienten der Proteinstoffe durch Versuche ausserhalb des thierischen Organismus — falls dies überhaupt möglich ist — nach geschehener künstlicher Verdauung mit Magensaft eine Verdauung mit alkalischem Pancreassaft unerlässlich sein, auf welche letztere Operation ich in meinen früheren Mittheilungen keinen besonderen Werth legen zu müssen glaubte, weil zufällig die schwer löslichen Nh-Bestandtheile der damals benutzten Untersuchungsobjekte (Cocos- und Palmnuss) als durchaus widerstandsfähig gegen Pancreas sich erwiesen. Pfeiffer hat durch Versuche an lebenden Thieren¹⁾ gefunden, dass von den in Pepsinlösung künstlich unverdaulichen Nh-Bestandtheilen der Futtermittel 20 — 30% im thierischen Organismus verdaut werden können, und ergaben meine bei einigen Nahrungs- und Futtermitteln durch künstliche Verdauungsversuche mit Pancreas ausgeführten Untersuchungen, dass von dem in Pepsin unlöslichen Stickstoff unter gewissen Verhältnissen ebenfalls einige 20% gelöst werden können, wenn der Pancreasauszug 1% kohlensaures Natron enthält, welcher Gehalt von Heidenhain als Optimum bezeichnet wird.²⁾ Bei besonders präparirten und äusserst fein gemahlten

1) Loco citato.

2) Genau 0,9 — 1,2% nach Heidenhain, Pflüger's Archiv, Bd. X, S. 576.

Nahrungsmitteln (Cacaopulver, Carne pura) erwies sich schon ein Gehalt von $\frac{1}{2}$ % Soda als sehr wirksam.

Die bemerkenswerthe Uebereinstimmung zwischen den Resultaten natürlicher und künstlicher Verdauung, die sich aus den Beobachtungen von Pfeiffer und aus meinen neueren Versuchen ergibt, dürfte zu weiteren Versuchen in der angedeuteten Richtung ermuthigen.