

Einige Betrachtungen über die Protein-Verdauung.

Von

Dr. A. Stutzer in Bonn.

(Der Redaktion zugegangen am 10. December 1885.)

I. Die Depression der Protein-Verdauung durch Verabreichung stickstoffarmen Beifutters.

Die Ermittlung der Verdaulichkeit von Proteinstoffen wurde bisher in der Weise ausgeführt, dass man feststellte: Wieviel Protein, resp. N, nimmt der Mensch oder das Thier in der Nahrung auf, wieviel scheidet es durch flüssige und feste Exeremente wieder aus? Die Differenz beider Stickstoff-Bestimmungen lieferte den Massstab für die Verdaulichkeit des in der Nahrung enthaltenen Proteins, und sprach man, namentlich bei Herbivoren, von einer Depression der Protein-Verdauung, wenn das Beifutter N-arm war, z. B. wenn einem Wiederkäuer ein an Kohlehydraten reiches Futter verabreicht wurde.

Im Jahre 1880 theilte ich eine Methode mit, nach welcher es möglich ist, die durch Magensaft erfolgende Protein-Verdauung ausserhalb des thierischen Organismus mit grosser Schärfe zu verfolgen, und ergänzte später diese Methode durch ein Verfahren, welches das weitere Schicksal des durch Magensaft nicht verdauten Antheils der Proteinstoffe unter dem

Einfluss von alkalischem Pankreasextract zu verfolgen gestattet.¹⁾

Fast alle Proteinstoffe lassen sich durch sauren Magensaft in zwei Bestandtheile zerlegen. Der eine wird durch Magensaft gelöst, der andere ist darin völlig unlöslich. Setzt man den unlöslichen Antheil nach der Behandlung mit saurem Magensaft der Einwirkung von alkalischem Pankreasextract aus, so beobachtet man, dass bei gewissen Futtermitteln vegetabilischen Ursprungs dieser Antheil auch durch alkalischen Pankreassaft nicht gelöst wird, bei anderen, und zwar den überwiegend meisten Futter- und Nahrungsmitteln, erfolgt eine theilweise Lösung.

O. Kellner prüfte meine Methode der künstlichen Verdauung mit Magensaft bei 25 Futtermitteln, welche an der thierphysiologischen Versuchstation zu Hohenheim zu Fütterungszwecken benutzt und in denen der Gehalt an verdaulichen Proteinstoffen durch Versuche an lebenden Thieren festgestellt war. Aus der Abhandlung von Kellner, welche wenig allgemein bekannt ist, da sie als «Originalartikel» in einem referirenden Blatte²⁾ erschien, theile ich Folgendes mit:

«Eine Vergleichung der Verdauungscoëfficienten, welche am Thier und durch Einwirkung sauren Magensaftes nach dem von Stutzer angewandten Verfahren erhalten wurden, ergab, dass die auf letzterem Wege erhaltenen Zahlen stets höher liegen, als die durch Ausnutzungsversuche ermittelten Werthe, und zwar im Allgemeinen um so höher, je weniger verdauliche N-Verbindungen und je mehr verdauliche Trockensubstanz das betreffende Futtermittel enthält.» Kellner erörtert sodann an einigen Versuchen, dass dasjenige Quantum

¹⁾ Journal für Landwirtschaft von Henneberg 1880, S. 195 und 435, und 1881, S. 473. – Zeitschrift für physiologische Chemie, 9. Bd., S. 212.

²⁾ Biedermann's Centralbl. für Agriculturchemie 1880, S. 763.

N, welches durch Magensaft mehr verdaut wird, auf 100 Theile verdauter Trockensubstanz bezogen, ziemlich constant 0,4 gr. N beträgt, und fährt fort: «Diese Menge scheint sich bei den verschiedenen Futtermitteln nur wenig zu ändern, sie ist bei schwer verdaulichen, rohfaserreichen Stoffen etwas niedriger und bei leichter verdaulichen etwas höher —, sie repräsentirt auch annähernd den absoluten Werth, um welchen die Verdauung des Rohproteins nach den verschiedenen hierüber angestellten älteren und neueren Versuchen durch je 100 gr. Stärkemehl, Zucker, Gummi deprimirt wird, sie scheint sogar für die verschiedenen Gattungen der landwirthschaftlichen Nutzthiere (Pferd, Rind, Schaf, Ziege) ziemlich constant zu sein. In Erwägung dieser Verhältnisse, sowie namentlich auch des Umstandes, dass die Eiweiss-Verdauung und Resorption im Darmcanal eine scharf abgegrenzte ist — Peptone konnte ich in den Fäces von Pferd und Schaf nicht nachweisen — wird man zu der Annahme gedrängt, dass die Menge von 0,3—0,5 gr. Stickstoff demjenigen Quantum N_H-Secrete entspricht, welches nach der Verdauung von je 100 gr. beliebig zusammengesetzter organischer Substanz mit den unverdauten Futterresten aus dem Organismus der Herbivoren entfernt wird. Die vermeintliche Depression der Proteinverdauung in Folge leicht verdaulichen N-armen oder N-freien Beifutters würde sich hiernach in ganz einfacher Weise erklären und bei Ausnützungsversuchen durch einfache Rechnung eliminiren lassen.»

In neuerer Zeit hat Th. Pfeiffer in der thierphysiologischen Versuchsstation zu Göttingen umfassende Versuche über die Depression bei Schweinen ausgeführt ¹⁾ und gelangt zu genau demselben Resultat, wie Kellner bei Herbivoren. Auf je 100 gr. verdaute Trockensubstanz werden durchschnittlich 0,4 gr. N in Form von Stoffwechselprodukten (Mucin, Gallenbestandtheile etc.) ausgeschieden. Das den Schweinen verabreichte Futter bestand aus Stärke, Zucker,

¹⁾ Journal für Landwirthschaft 1885, S. 187.

Papier, Oel, Salz und Conglutin. Letzteres, die einzige Nh-Substanz des Futters, kann als nahezu vollständig verdaulich angenommen werden, so dass Pfeiffer bei seinen Versuchen den im Koth enthaltenen N fast ausschliesslich in Form von Stoffwechselprodukten erhielt.

Nach diesen bei Herbivoren und Omnivoren erhaltenen Versuchs-Resultaten scheint festzustehen, dass die bisher allgemein angenommene Depression der Protein-Verdauung bei Fütterung von N-armem Beifutter thatsächlich nicht existirt und nur durch Stoffwechselprodukte bedingt wird. Ferner lässt sich aus den genannten Versuchen der Schluss ziehen, dass alle bisher berechneten Verdaulichkeits-Coëfficienten hinsichtlich des Proteins unrichtig sind und ungerechnet werden müssen, indem man den auf je 100 gr. verdauter Trockensubstanz entfallenden N der Stoffwechselprodukte in Abzug zu bringen hat.

II. Die Bestimmung des Stickstoffs der Stoffwechselprodukte.

Steht es fest, dass eine Depression der Proteinverdauung bei Verabreichung N-armen Beifutters nicht existirt, sondern diese scheinbare Depression lediglich bedingt wird durch die Nh-Stoffwechselprodukte, so ist es selbstverständlich wichtig, eine zuverlässige Methode aufzufinden, welche die Bestimmung des in Form von Stoffwechselprodukten im Koth enthaltenen Stickstoffs und dessen Trennung von anderen Nh-Kothbestandtheilen gestattet.

Mit dieser Frage hat in letzter Zeit Th. Pfeiffer eingehend sich beschäftigt ¹⁾, ohne indess bisher positive Vorschläge zu einer leicht ausführbaren Methode machen zu können. Pfeiffer umging bei seinen Versuchen die Trennung der Stoffwechselprodukte von anderen Nh-Bestandtheilen des

¹⁾ Journal für Landwirtschaft 1885, S. 150-192.

Kothes dadurch, dass er den Schweinen ein Futter verabreichte, dessen Proteinstoffe nahezu vollständig verdaulich sein mussten. Pfeiffer erhielt somit den N des Kothes direkt fast ausschliesslich in Form von Stoffwechselprodukten.

Früher habe ich wiederholt darauf hingewiesen, dass wir in der aus der Schleimhaut frischer Magen hergestellten Pepsinlösung ein Mittel besitzen, um gewisse leicht verdauliche Proteinstoffe der Nahrungs- und Futtermittel von anderen, weniger leicht verdaulichen Nh-Bestandtheilen scharf zu trennen, und möchte ich diese Methode ebenfalls zur Bestimmung der Stoffwechselprodukte des Kothes in Vorschlag bringen. Bei normaler Verdauung der Thiere werden die Nh-Bestandtheile des Kothes im Wesentlichen nur bestehen aus:

Stoffwechselprodukten, in saurem Magensaft löslich, und aus unverdaulichen Futterbestandtheilen, in saurem Magensaft unlöslich.

Es ist denkbar, dass im Koth enthaltene Darmepithelien nicht völlig in Magensaft sich lösen, der N dieser unlöslichen Bestandtheile dürfte indess im Vergleich zum N der übrigen ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte so unbedeutend sein, dass der erstere das Resultat der Untersuchung zu beeinträchtigen kaum im Stande sein wird.

Pfeiffer veröffentlichte vor einigen Jahren¹⁾ eine Arbeit über natürliche und künstliche Verdauung Nh-Futterbestandtheile, indem er hierbei meine in Vorschlag gebrachte künstliche Verdauung einer eingehenden Kritik unterzog. Bei dieser Gelegenheit wurden von Pfeiffer eine grössere Anzahl künstlicher Verdauungen des Koth-Stickstoffs mit Magensaft ausgeführt, welche ich zu nachstehenden Berechnungen benutzen möchte.

1) Journal für Landwirtschaft 1883, S. 225.

Tabelle I.

	Versuche 1882 1883.						Versuche des Jahres 1879.											
	Luzerneheu.		Wiesenheu.		I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1. Trockensubstanz aufgenommen im Futter	6607,61	6612,91	13338,63	878,90	927,12	991,65	1046,81	984,35	907,16	844,52								
2. Trockensubstanz ausgeschieden im Koth	2538,71	2475,29	5020,96	331,08	333,37	344,05	345,85	334,84	328,43	323,20								
3. Trockensubstanz verdaut	4068,90	4137,62	8317,67	547,82	593,75	647,60	700,96	649,51	578,73	521,22								
4. N ausgeschieden im Koth	49,78	46,93	102,98	6,578	6,700	7,374	7,500	7,151	6,650	6,141								
5. Koth-N. in Magensaft unlöslich	33,33	30,87	62,66	4,108	4,504	4,657	4,879	4,404	4,435	4,146								
6. N in Form von Stoffwechselprodukten	16,45	16,06	40,32	2,470	2,196	2,717	2,621	2,747	2,215	1,995								
7. Auf 100 Theile verdauter Trockensubstanz entfallen folgende Mengen N in Form von Stoffwechselprodukten	0,40	0,38	0,48	0,45	0,36	0,41	0,40	0,42	0,38	0,38								

Berechnet man den Durchschnitt sämtlicher 10 Versuche, so findet man, dass auf 100 Theile verdauter Trockensubstanz 0,40 gr. N in Form von Stoffwechselprodukten entfallen. Diese Zahl stimmt ganz genau mit der von Pfeiffer und Kellner in anderer Weise bei anderem Futter und anderen Thieren gefundenen Mittelzahl überein!

III. Die Ermittlung der Verdaulichkeit der Proteinstoffe durch Versuche bei lebenden Thieren.

Aus dem vorigen Abschnitt haben wir ersehen, dass die Menge der im Koth enthaltenen Stoffwechselprodukte mit genügender Genauigkeit aus der Differenz zwischen dem Gesamt-N des Kothes und dem darin enthaltenen, in saurem Magensaft unlöslichen N ermittelt werden kann, indem die Resultate derartiger Versuche mit den Beobachtungen Pfeiffer's und Kellner's im Einklang stehen. Hieraus folgt weiter, dass man die Verdaulichkeit der Proteinstoffe bei Versuchen an lebenden Thieren in Zukunft in etwas anderer Weise als bisher ausführen kann, indem man den Koth zunächst einer Behandlung mit saurem Magensaft unterwirft, um die Stoffwechselprodukte zu entfernen, und nun die Menge des in Magensaft unlöslichen Koth-Stickstoffs mit der Quantität des aufgenommenen Protein-Stickstoffs des Futters in Vergleich stellt. Die Differenz beider Zahlen giebt die verdaute Menge Stickstoff.

Selbstverständlich dürfte es auch zweckmässig sein, bei Fütterungsversuchen auf die Menge des in Form von Amidn etc. im Futter enthaltenen N's Rücksicht zu nehmen und den «Nicht-Protein-N» nach meiner CuO_2H_2 -Methode (unter Anwendung von wenig Alaunlösung) zu bestimmen.

IV. Welche Verdaulichkeits-Coëfficienten ergeben sich bei den Pfeiffer'schen Versuchen für Proteinstoffe?

a) Aus der Differenz zwischen Futter-N, minus Koth-N plus N der Stoffwechselprodukte. (Bisherige Methode zur Ermittlung der Verdaulichkeits-Coëfficienten, jedoch mit Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte, unter Annahme, dass 100 Theile verdauter Trockensubstanz durchschnittlich = 0,4 Theilen N in Form von Stoffwechselprodukten entsprechen.)

b) Aus der Differenz zwischen verzehrtem Futter-N und dem in Magensaft unlöslichen Antheil des Koth-N. (Von mir in Vorschlag gebrachte Methode bei Versuchen an lebenden Thieren.)

c) Aus der Differenz zwischen Futter-N (gesamte Menge) und dem in Verdauungssäften (Magensaft, Pankreassaft) unlöslichen N des Futters. (Von mir in Vorschlag gebrachte Methode der künstlichen Verdauung.)

In Betreff der Berechnung des Verdaulichkeits-Coëfficienten c bemerke ich, dass Pfeiffer nur ermittelte, wieviel N durch Magensaft nicht gelöst wurde. Meine Beobachtungen betreffs Wirkung des Pankreas lagen damals noch nicht vor. Nach den in der Zeitschrift für physiologische Chemie, 9. Bd., S. 218, mitgetheilten Versuchen werden unter den dort angegebenen Versuchs-Bedingungen circa 25% des durch Magensaft unlöslichen Stickstoffs durch Pankreas gelöst und habe ich demgemäss angenommen, dass durchschnittlich 25% des durch Magensaft unlöslichen Stickstoffs vom Pankreassaft hätten verdaut werden können. Ich bin zur Zeit mit weiteren diesbezüglichen Versuchen beschäftigt. Dass bei den von Pfeiffer benutzten Futtermitteln 20—25% des im Magensaft unlöslichen Stickstoffs durch Pankreas gelöst wurden, scheint auch aus der Uebereinstimmung zwischen den Verdaulichkeits-Coëfficienten b und c hervorzugehen, wenn man das Durchschnittsresultat sämtlicher 10 Versuche berücksichtigt. Der Verdaulichkeits-Coëfficient b weicht im Durchschnitt sämtlicher 10 Versuche nur um + 0,4% von a ab, ferner der Verdaulichkeits-Coëfficient c von a um 0,7%. Nimmt man an, dass durchschnittlich bei den 10 Versuchen nur 21½% des durch Magensaft nicht gelösten N durch Pankreas gelöst werden können, so würde der Verdauungs-Coëfficient c mit a ganz genau übereinstimmen. Die Differenz zwischen 21½ und 25% ist bei der Analyse eine äusserst geringe, und handelt es sich z. B. bei Wiesenheu um Ermittlung eines Unterschiedes von nur 0,92% N.

Diese Abweichung der aus der künstlichen Verdauung mit annähernder Genauigkeit berechneten Coëfficienten von den Beobachtungen der natürlichen Verdauung ist somit keine erhebliche zu nennen, besonders wenn man berücksichtigt, dass die Resultate der mit lebenden Thieren angestellten Verdauungsversuche nicht immer völlig fehlerfrei sein können, indem sehr leicht kleine Beobachtungsfehler sich einschleichen, welche bei Parallel-Versuchen eine Abweichung des Verdaulichkeits-Coëfficienten für Protein (oft um mehrere Procent)

veranlassen. Von Einfluss sind ferner individuelle Eigenschaften der Versuchsthiere.

Ich beabsichtige keineswegs die Ermittlung des Verdaulichkeits-Coëfficienten der Proteinstoffe auf « künstlichem Wege », also ausserhalb des thierischen Organismus, im Betreff ihrer Zuverlässigkeit und Genauigkeit über den Versuch am lebenden Organismus zu stellen, glaube indess, dass diese « künstlichen » Versuche volle Beachtung verdienen, indem durch dieselben in kurzer Zeit Resultate sich erzielen lassen, welche mit den Ergebnissen der langwierigen und umständlichen Versuche am lebenden Organismus im Wesentlichen sich decken.