

# Neue Untersuchungen über das Verhalten der Proteinstoffe zu den Verdauungsfermenten.

Von

**A. Stutzer.**

(Mittheilung der landwirthschaftlichen Versuchsstation Bonn.)  
(Der Redaction zugegangen am 12. Juli 1887.)

Die Methode der von mir in Vorschlag gebrachten künstlichen Verdauung der Proteinstoffe zur Werthschätzung der Nahrungs- und Futtermittel ist zum Abschluss gebracht<sup>1)</sup> und wurde durch die thierphysiologische Versuchsstation zu Göttingen der Nachweis geliefert, dass die Resultate der natürlichen und der künstlichen Verdauung sich decken<sup>2)</sup>. Ich habe in neuerer Zeit versucht, das Princip dieser Untersuchungs-Methode auch bei den Kohlehydraten (der N-freien organischen Substanz) anzuwenden, um, wenn möglich, eine combinirte Methode der künstlichen Verdauung der Proteinstoffe und Kohlehydrate aufzufinden. Bevor ich mit den eigentlichen Untersuchungen beginnen konnte, schien es mir wünschenswerth, über das Verhalten der Proteinstoffe zu den Verdauungsfermenten einige weitere Versuche auszuführen. Nachstehend berichte ich über die diesbezüglichen Untersuchungen und bemerke ausdrücklich, dass ich nicht eine Aenderung meiner Methode zur Verdauung der Proteinstoffe bezwecke, sondern diese Versuche nur als Vorarbeiten für ein Verfahren zur künstlichen Verdauung der Kohlehydrate anzusehen sind, indem bei der Verdauung der letzteren stets eine mehr oder weniger erhebliche Verdauung der Proteinstoffe stattfinden wird und eine genaue Kenntniss des diesbezüglichen

1) Cf. diese Zeitschrift, Bd. XI, S. 207.

2) Journal für Landwirthschaft, 34. Jahrg., S. 443 (Th. Pfeiffer).

Verhaltens der Proteinstoffe unter verschiedenen Verhältnissen wünschenswerth erschien. Namentlich war es von Wichtigkeit, genau festzustellen, wie die künstliche Verdauung der Proteinstoffe in einer nur schwach sauren Pepsinlösung vor sich ging. Ich hatte bei den bisherigen Versuchen den Gehalt an Salzsäure allmähig auf 1% HCl gebracht und war es bedenklich, die Verdauung der Kohlehydrate in einer zeitweilig so stark sauren Flüssigkeit vorzunehmen. Ferner suchte ich durch vergleichende Versuche die Wirkung des Pankreas-Fermentes auf Proteinstoffe in neutralen und schwach alkalischen Flüssigkeiten zu ermitteln.

**I. Wieviel Pepsinlösung, 0,2% HCl enthaltend, ist nöthig, um das Optimum der Protein-Verdauung zu erreichen?**

Als Untersuchungs-Objecte dienten fein gemahlene, entfettete Fleisch, Erdnusskuchen (der gepresste Samen von *Arachis hypogaea*) und 2 Sorten Heu. Ich glaubte proteinreiche Substanzen verwenden zu sollen, damit bei den einzelnen Versuchsreihen die Unterschiede scharf hervortreten, und benutzte bei den Untersuchungen statt menschlicher Nahrungsmittel vorzugsweise Futtermittel, weil diese grössere Mengen unverdaulicher Stoffe zu enthalten pflegen. In den genannten Versuchsobjecten hatte ich einen Repräsentanten der animalischen Nahrungsmittel und drei vegetabilische Futterstoffe. Von den letzteren enthielt der eine neben Protein ziemlich viel Fett, viel Stärkmehl und wenig Cellulose, zwei andere viel Cellulose und äusserst wenig Fett und Stärkmehl, es waren also Nahrungs- und Futtermittel von sehr verschiedener Beschaffenheit. Bei den Versuchen wurden stets 2 gr. der zu untersuchenden Substanz mit der Pepsinlösung<sup>1)</sup> übergossen und unter bisweiligem Umrühren 12 Stunden lang auf 37—40° erwärmt, am folgenden Tage filtrirt und in dem unlöslichen mit Wasser ausgewaschenen Rückstände der N bestimmt.

<sup>1)</sup> Ueber die Bereitung der Pepsinlösung ist das Nähere in dieser Zeitschrift, Bd. XI, S. 208. mitgetheilt.

## Versuche mit Fleischmehl.

Das Fleischmehl war hergestellt aus getrocknetem, fein gemahlenem und dann entfettetem Fleisch. Gehalt an Stickstoff = 14,360 %.

Angewendete Substanz:	Menge der Pepsinlösung, 0,2% HCl enthaltend:	Unverdaulicher N:
1,0000 gr.	100 ccm.	0,562 %
1,0000 »	100 »	0,491 »
1,0000 »	200 »	0,437 »
1,0000 »	200 »	0,437 »
1,0000 »	250 »	0,405 »
1,0000 »	250 »	0,400 »
1,0000 »	300 »	0,375 »
1,0000 »	300 »	0,375 »
1,0000 »	400 »	0,375 »
1,0000 »	400 »	0,375 »
1,0000 »	500 »	0,375 »
1,0000 »	500 »	0,375 »

## Versuche mit Heu.

Gehalt an N = 1,30 %.

Angewendete Substanz:	Menge der Pepsinlösung, 0,2% HCl enthaltend:	Unverdaulicher N:
2,0000 gr.	100 ccm.	0,397 %
2,0000 »	100 »	0,380 »
2,0000 »	100 »	0,383 »
2,0000 »	100 »	0,397 »
2,0000 »	300 »	0,390 »
2,0000 »	300 »	0,397 »
2,0000 »	400 »	0,390 »
2,0000 »	400 »	0,390 »
2,0000 »	500 »	0,390 »
2,0000 »	500 »	0,390 »

## Versuche mit einer andern Sorte Heu.

Der Versuch wurde in gleicher Weise wie der vorhergehende ausgeführt und sowohl bei Anwendung von 100 ccm. Pepsinlösung wie auch bei Steigerung bis zu 500 ccm. stets 0,340 % unverdaulicher N gefunden.

## Versuche mit Erdnusskuchen.

Gehalt an N = 7,52%.

Angewendete Substanz:	Menge der Pepsinlösung, 0,2% HCl enthaltend:	Unverdauter N:
2,0000 gr.	100 ccm.	1,339 %
2,0000 »	200 »	$\left. \begin{matrix} 0,729 \\ 0,729 \end{matrix} \right\} 0,73 \%$
2,0000 »	250 »	$\left. \begin{matrix} 0,691 \\ 0,654 \end{matrix} \right\} 0,67 \%$
2,0000 »	300 »	0,610 %
2,0000 »	400 »	$\left. \begin{matrix} 0,520 \\ 0,520 \end{matrix} \right\} 0,52 \%$
2,0000 »	500 »	$\left. \begin{matrix} 0,520 \\ 0,520 \end{matrix} \right\} 0,52 \%$

Aus vorstehenden Versuchen glaube ich folgenden Schluss ziehen zu dürfen:

Das Optimum der Pepsinverdauung wird durch 12stündiges Erwärmen einer nach meiner Vorschrift bereiteten, 0,2 HCl enthaltenden Pepsinlösung mit 1 gr. Untersuchungssubstanz **sicher** erreicht:

bei einem Gehalte des Untersuchungsobjectes an Gesamt-N

bis zu 5%	durch 100 ccm. Pepsinlösung.
5—10%	» 200 » »
über 10%	» 400 » »

Nimmt man mehr als 1 gr. zur Untersuchung, so ist die Menge der Pepsinlösung entsprechend zu vermehren. Beispielsweise genügen für 2 gr. von einer Substanz mit 7% N = 400 ccm. Pepsinlösung.

**II. Wird durch Pepsinlösung mit 0,2% HCl ebensoviel N verdaut, wie bei Anreicherung der Pepsinlösung mit Salzsäure bis zu 1%?**

Bei den bisherigen Verdauungsversuchen habe ich stets  $\frac{1}{2}$  Liter Pepsinlösung verwendet und die Menge der Salzsäure allmähig bis zu 1% HCl angereichert<sup>1)</sup>, während bei den im vorigen Abschnitt erwähnten Versuchen nur 0,2% HCl genommen wurde. Wir suchten nun durch vergleichende

<sup>1)</sup> Cf. diese Zeitschrift, Bd. XI, S. 209.



enthaltend) übergossen. Ueber die Methode der Untersuchung mit Pankreasflüssigkeit ist das Nähere in dieser Zeitschrift, Bd. XI, S. 227, angegeben.

An N blieb schliesslich unverdaulich:

	A. Pepsinlösung 0,2% HCl:	B. Pepsinlösung 1% HCl:
Heu III . . . . .	( 0,261 % N 0,261 » »	0,245% N. 0,245 » »
Schlempe I . . . . .	( 1,123 ) 1,158 ) 1,140% N	( 1,073% N. 1,073 » »
Schlempe II . . . . .	( 0,674 ) 0,660 ) 0,667% N	( 0,644 ) 0,660 ) 0,652% N.
Erdnusskuchen II. . . . .	( 0,388 ) 0,354 ) 0,371% N	( 0,372 ) 0,324 ) 0,348% N.
Roggenkleie . . . . .	( 0,322 ) 0,382 ) 0,302% N	( 0,250% N. 0,250 » »
Palmkuchen . . . . .	( 0,515 ) 0,523 ) 0,519% N	( 0,443 ) 0,459 ) 0,451% N.

Die Differenz beträgt demnach zwischen Versuch A und B bei:

Heu III . . . . .	0,02 % N.
Schlempe I . . . . .	0,07 » »
Schlempe II . . . . .	0,01 » »
Erdnusskuchen . . . . .	0,03 » »
Roggenkleie . . . . .	0,05 » »
Palmkuchen . . . . .	0,06 » »

Die Differenzen sind so gering, dass ein die Resultate der Verdauungsversuche störender principieller Unterschied zwischen den Versuchsreihen A und B nicht angenommen werden kann. Wahrscheinlich sind die Differenzen bei leichter verdaulichen Stoffen, insbesondere bei menschlichen Nahrungsmitteln, noch geringer.

#### IV. Vergleichende Versuche über die Wirkung des Pankreasfermentes auf Proteinstoffe in neutraler und schwach alkalisch reagirender Flüssigkeit.

Das normale Secret der Bauchspeicheldrüse reagirt bekanntlich alkalisch und ist durch Heidenhain und andere Forscher der Nachweis geliefert, dass der pankreatische Saft bei alkalischer Reaction energischer auf die Proteinstoffe wirkt, wie bei neutraler Reaction.

Bei Untersuchungen über die Einwirkung von Verdauungstermenten auf die in Nahrungs- und Futtermitteln

enthaltenen Kohlehydrate beabsichtigte ich vergleichende Versuche über die Wirkung der pankreatischen Fermente in neutralen und schwach alkalisch reagirenden Flüssigkeiten auszuführen und war es für mich von Interesse, das diesbezügliche Verhalten der Proteinstoffe nochmals ziffermässig festzustellen, da die letzteren durch die Fermente der Bauchspeicheldrüse gleichzeitig angegriffen werden. Ich benutzte zu den Versuchen Roggenkleie und Palmkernkuchen (ein beliebtes Futtermittel, Pressrückstand der Samen von *Elaeis guineensis*) und liess auf je 2 gr. dieser Untersuchungsobjecte theils eine Mischung von 25 ccm. Pankreasflüssigkeit und 75 ccm. Wasser, theils die gleiche Mischung unter Hinzufügung von 0,25 gr.  $\text{Na}^2\text{CO}_3$  6 Stunden lang bei  $37-40^\circ \text{C}$ . einwirken, filtrirte das Ungelöste ab und ermittelte in dem ausgewaschenen Rückstande den Gehalt an N. An Stickstoff war unlöslich geblieben:

	alkalische	neutrale
	Flüssigkeit:	
Roggenkleie . . . . .	{ 0,515 % } { 0,515 % }	0,932 %.
Palmkuchen . . . . .	{ 0,644 % } { 0,636 % }	1,030 % 1,020 %

Weitere Versuche wurden ausgeführt mit dem durch Pepsinlösung unlöslich bleibenden Antheile der Proteinstoffe. Die Versuchsobjecte waren das im Abschnitt II schon erwähnte Heu No. III, Erdnusskuchen und Schlempe No. 1.

Versuch A. Der grösste Theil der Proteinstoffe wird durch 400 ccm. Pepsinlösung, 0,2% HCl enthaltend, verdaut, der unlöslich gebliebene Rückstand mit Wasser ausgewaschen und unter sonst völlig gleichen Bedingungen theils mit neutraler und theils mit 0,25%  $\text{Na}^2\text{CO}_3$  enthaltender Pankreasflüssigkeit digerirt. An N bleibt unverdaut:

	durch neutrale	durch alkalische
	Pankreasflüssigkeit:	
Heu . . . . .	{ 0,394 % N } { 0,394 % }	0,261 % N. 0,261 %
Schlempe . . . . .	1,604 %	{ 1,123 % }
Erdnusskuchen . . . . .	0,421 %	{ 1,158 % }
		0,371 %

Versuch B. Der Versuch A wird in der Weise abgeändert, dass statt 400 cbcm. nur  $\frac{1}{4}$  Liter Pepsinlösung benutzt, der Gehalt an Säure jedoch allmählig auf 1% HC gebracht wird. An N bleiben unverdaut:

	durch neutrale	durch alkalische
	Pankreasflüssigkeit:	
Heu . . . . .	{ 0,394 % N	0,245 % N.
	{ 0,377 » »	0,245 » »
Schlempe . . . . .	{ 1,521 » »	1,073 » »
	{ 1,537 » »	1,073 » »
Erdnusskuchen . . . . .	0,485 » »	0,348 » »

Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass die von mir hergestellte Pankreasflüssigkeit auf die Proteinstoffe bei schwach alkalischer Reaction besser wirkt, wie bei neutraler. Dagegen ist es, wie ich bereits früher nachwies<sup>1)</sup>, gleichgültig, ob die Flüssigkeit etwas mehr oder etwas weniger reich an  $\text{Na}^2\text{CO}_3$  ist.

Bei vergleichenden Versuchen über den Werth der im Handel vorkommenden trockenen Pankreatin-Präparate (welche beiläufig bemerkt meist ziemlich unwirksam sind) machte ich die auffällige Beobachtung, dass sämtliche Präparate bei neutraler Reaction, indem dieselben einfach in Wasser gelöst wurden, mehr Protein zu lösen vermochten, wie bei Gegenwart von 0,25%  $\text{Na}^2\text{CO}_3$ . Dies abweichende Verhalten der im Handel vorkommenden trockenen Pankreatin-Präparate dürfte darauf zurückzuführen sein, dass bei der Herstellung derselben tiefgreifende Zersetzungen eintreten, welche die Eigenschaften des wirksamen Ferments wesentlich ändern.

<sup>1)</sup> Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. XI, S. 219.