

190. W. Tappeiner: Ueber Celluloseverdauung.

(Eingegangen am 17. April; verlesen in der Sitzung von Hrn. A. Pinner.)

Durch Versuche von Haubner, von Henneberg und Stohmann ist mit Sicherheit nachgewiesen, dass bei den Pflanzenfressern namentlich den Wiederkäuern bedeutende Mengen der im Futter enthaltenen Cellulose im Kothe nicht wieder erscheinen, somit an irgend einem Orte des Verdauungsschlauches in Lösung gegangen sein müssen. Diese Thatsache ist seitdem durch zahlreiche Ausnützungsversuche bestätigt worden, ihre Erklärung aber über das Stadium der Hypothesen bisher kaum hinausgelangt.

Es lag zunächst nahe hier an die Wirkung ungeformter Fermente zu denken, die von den Verdauungssäften geliefert würden, umso mehr als in Folge der mikroskopischen Beobachtungen seitens der Botaniker die Existenz solcher Fermente als sehr wahrscheinlich zu betrachten ist. So insbesondere in den keimenden Samen. Die Mittel aber, welcher sich diese bedienen, die in ihnen aufgehäuften Stoffe assimilirbar zu machen, sind vielfach dieselben, wie bei der thierischen Verdauungsarbeit: ungeformte Fermente. Mehrfache Versuche aber aus den Verdauungsorganen der Pflanzenfresser ein Cellulose lösendes Ferment darzustellen, ergaben nur negative Resultate.

Es existiren zwar auch positive Angaben. In den ihnen zu Grunde liegenden Versuchen waren indess Wirkungen geformter Fermente nicht ausgeschlossen. Dies gilt namentlich auch von der jüngsten Untersuchung auf diesem Gebiete¹⁾.

Hofmeister kommt darin zum Resultate, dass der Speichel des Schafes Cellulose löse, während der Speichel des Rindes und Pferdes dieses Vermögen nicht besitze. Die Ursache dieses für dasselbe Sekret so nahe verwandter Thiere höchst auffallenden Unterschiedes erklärt sich sehr einfach.

In den Versuchen mit Schafspeichel verwandte Hofmeister Gras. Dessen lösliche Stoffe bildeten im Vereine mit denen des Speichels eine Nährlösung für Spaltpilze. In den Versuchen mit Rind- und Pferdespeichel hingegen benutzte er chemisch dargestellte Rohfaser, welche, mit Speichel versetzt, für diese Organismen keine günstige Nährlösung ist.

Angesichts der, wenn richtig angestellt, fruchtlosen Versuche des Nachweises eines Cellulose lösenden, ungeformten Fermentes aus dem Verdauungskanal dachte man an eine zweite Möglichkeit: die Wirkung geformter Fermente²⁾.

¹⁾ V. Hofmeister, Archiv f. Thierheilkunde 1881.

²⁾ Am eingehendsten besprochen von Zuntz, landwirthschaftliche Jahrbücher, Bd. 8.

Dass bei gewissen Gährungsprocessen Cellulose in Lösung geht, hat zuerst wohl Mitscherlich beobachtet. Seitdem sind mehrfache analoge, mikroskopische Beobachtungen seitens der Botaniker hinzugekommen. Endlich hat Popoff für die Sumpfgasgährung im Kloakenschlamm es sehr wahrscheinlich gemacht, dass dabei Cellulose das vergährte Material sei. Als streng beweisend können seine Angaben darum nicht angesehen werden, weil in seinen Hauptversuchen (Gährungen von Cellulose versetzt mit etwas Kloakenschlamm) die entwickelten Gasmengen zu gering waren, um nicht auf Beimengungen (Lignin, incrustirende Substanzen), die jede auch sehr reine Cellulose noch enthalten kann, zurückgeführt werden zu können.

Im Verdauungskanale der Pflanzenfresser nun laufen intensive Gährungsprocesses ab. Sie sind kürzlich von mir bezüglich ihrer gasförmigen und flüchtigen Produkte untersucht worden¹⁾. Hierbei ergab sich zugleich das Resultat, dass sie ausserhalb des Körpers unter geeigneten Bedingungen in gleicher Weise sich fortsetzen wie in demselben. Darauf gestützt ging ich zur Entscheidung der Frage über: Ist die Lösung der Cellulose im Darmkanale Wirkung geformter oder ungeformter Fermente?

Eine Anzahl genau gewogener Proben, dem Pansen, Dünndarm oder Blinddarm eines eben getödteten Wiederkäuers entnommen, wurden in 3 Partien getheilt. Die erste wurde bei Körpertemperatur weiterer Gährung überlassen und deren normaler Verlauf durch Analyse der entwickelten Gase controllirt. Die zweite wurde ebenso behandelt, nur wurde deren Gährung durch Zusatz von Antiseptica, welche die Wirkung ungeformter Fermente nicht hemmen (Thymol, Chloroform) gehindert. In der dritten Partie wurden geformte und ungeformte Fermente durch Aufkochen sogleich zerstört. In allen dreien wurde sodann der Rohfasergehalt bestimmt und Folgendes erhalten.

Partie 2 und 3 stimmten in ihrem Gehalte an Rohfaser überein, Partie 1 aber ergab, wenn Pansen oder Blinddarminhalt verwendet worden war, constant geringere Werthe und zwar betrug beim Pansen die Abnahme bis zu $2\text{ g} = 35\text{ pCt.}$, beim Blinddarm $0.2\text{ g} = 6\text{ pCt.}$ Bei Anwendung von Dünndarminhalt war keine Abnahme zu bemerken.

Die hiermit für den Pansen und Blinddarminhalt gefundene Lösung der Cellulose steht gegenüber dem Lösungsvermögen des Darmes (bis zu 70 pCt.) zurück. Bedenkt man indess, dass in diesen Versuchen mit Material gearbeitet werden musste, das seine Gährung schon durchschnittlich zur Hälfte im Verdauungskanal durchgemacht hatte, dass ferner viele die Gährung im Darne begünstigende Momente, die fortwährende Neutralisation und Mischung des Inhalts, die Entfernung der gebildeten Produkte u. s. w. nicht nachgeahmt werden

¹⁾ Diese Berichte XIV, 2375.

können, so scheint es nicht ungerechtfertigt, wenn man die gewonnenen Resultate zum Schlusse verwerthet:

Die Lösung der Cellulose im Darme der Wiederkäuer ist ein Gährungsprocess, der im Pansen und im Blinddarm vor sich geht.

Zur Frage übergehend, welcher Gährungsprocess dies sei, gelangte ich bezüglich der Gährung im Pansen, auf deren Bearbeitung ich mich bisher beschränkte, nach verschiedenen Vorversuchen zu folgenden Ergebnissen:

Sterilisirt man durch mehrstündiges Erhitzen im Dampftopf auf 110° Flaschen, welche mit 1 procentiger Fleischextraktlösung und Cellulose (Ganzzeug von feinstem Velinpapier oder gereinigte Baumwolle [Bruns'sche Watte]) gefüllt sind und versetzt sie, nach dem Erkalten auf 40°, mit etwas Panseninhalt, so beginnt in denselben nach einigen Tagen eine intensive Gährung, welche in den folgenden vierzehn Tagen reichliche Mengen von freien Säuren und mehrere Hundert Kubikcentimeter Gas liefert. Analog behandelte Controlflaschen, welchen keine Cellulose zugesetzt war, hingegen lieferten in derselben Zeit nur einige Kubikcentimeter Gas und sterilisirte Flaschen, beschickt mit Fleischextrakt und Cellulose ohne Pansenzusatz, verhielten sich ganz passiv. Analysirt man von Zeit zu Zeit die aus den mit Fleischextrakt, Cellulose und Panseninhalt beschickten Flaschen aufgefangenen Gase, so findet man, dass in denselben zwei Arten von Gährungen ablaufen können. Bei der einen wird während der ganzen Dauer der Entwicklung nur Kohlensäure und Wasserstoff, bei der anderen nur Kohlensäure und Grubengas gebildet. So weit ich sehe, tritt die erste Gährung ein, wenn die Fleischextraktlösung zu Anfang alkalisch reagirt, die zweite, wenn sie neutral ist.

Das hierbei vergährte Material kann nur Cellulose sein. Schon die ungefähre Berechnung des gasförmig entwickelten Kohlenstoffs ergibt, dass derselbe einen erheblichen Bruchtheil der angewandten Baumwolle oder des Papiers ausmacht. Noch schlagender aber sind die Versuche, wenn man wenig Cellulose (1—2 g Papier oder Baumwolle) verwendet. Hier kann man mit freiem Auge fast von Tag zu Tag die Abnahme dieser Substanzen wahrnehmen und am Schlusse der Gährung findet man statt des Papiers oder der Baumwolle, die zuerst einen beträchtlichen Theil der Flasche als lockere Massen ausfüllten, nichts als einen geringen Bodensatz, bestehend aus kurzen, theilweise angefahrenen Stücken von Pflanzenfasern und Bacterien (bei der Sumpfgährung breite, sehr kurze Stäbchen mit lebhafter Eigenbewegung).

Die erste Art der Cellulosegährung kommt im Organismus nicht vor, denn im Pansen wird normal kein Wasserstoff oder nur Spuren davon entwickelt, und die Quelle des im Dünndarm entwickelten Wasserstoffs ist nicht Cellulose. In der zweiten Art aber haben wir zweifelsohne die Gährung vor uns, welche auch im Pansen die Lösung

der Cellulose besorgt. Die Zusammensetzung der entwickelten Gase ist in beiden Fällen dieselbe. Der vollständige Beweis wird indess erst geliefert sein, wenn auch bezüglich der gebildeten Säuren Uebereinstimmung gefunden sein wird. Nach ihrer Kenntniss wird sich dann auch erst ein bestimmtes Urtheil über die Bedeutung der Cellulose als Nahrungstoff fällen lassen. So viel lässt sich indess jetzt schon mit Sicherheit sagen: die gelöste Cellulose hat nicht den Werth eines Kohlenhydrates, wie bisher bei den Futterrechnungen anzunehmen gebräuchlich war, sondern einen viel geringeren. Ein grosser Theil wird bei dem Auflösungsprocesse in werthlose, gasförmige Produkte übergeführt und auch der Rest kann selbst im günstigsten Falle den Werth eines Kohlenhydrates nicht erreichen.

191. C. Willgerodt: Ueber die Einwirkung alkoholischer Kaliumhydroxydlösungen auf Paranitrochlorbenzol.

(Eingegangen am 19. April; verlesen in der Sitzung von Hrn. A. Pinner.)

Zuletzt berichtete ich über diesen Gegenstand (diese Berichte XIV, 2632); ich berühre denselben nochmals aus dem Grunde, weil es mir gelungen ist, die Darstellungsmethode der Paranitrophenoläther so zu modificiren, dass sie sich wohl allgemein anwenden lassen dürfte.

Das Paranitrophenetol wird als Hauptprodukt der Umsetzung bei der Einwirkung von Paranitrochlorbenzol auf äthylalkoholische Kalilauge am Rückflusskühler erhalten, wenn man den Alkohol gehörig mit Wasser versetzt.

100 ccm Alkohol (96 procentiger) wurden mit 50 ccm Wasser verdünnt; der so stark gewässerte Alkohol diente zur Aufnahme von 5 oder 10 g Paranitrochlorbenzol und weiter von 0.35 g Kaliumhydroxyd für 1 g des Chlorides. Ein in solcher Weise beschickter Kolben wurde im Wasserbade an einem Rückflusskühler längere Zeit erhitzt. Beim Kochen der Flüssigkeit tritt zunächst vollständige Lösung der festen Substanzen ein. — Nach sechsständigem Erhitzen wurde ein mit 5 g des Chlorides in gedachter Weise beschickter Kolben auf dem Wasserbade erkalten gelassen; es schieden sich noch die langen, charakteristischen Nadeln des Paranitrochlorbenzols ab, wenngleich die Flüssigkeit eine gelbe Färbung angenommen hatte; aus diesem Grunde wurde das Kochen noch 6 Stunden fortgesetzt und darauf der Versuch wiederum unterbrochen. Beim Erkalten der alkoholischen Lösung wurden nun weit kleinere Nadeln gewonnen, die, abgepresst und getrocknet, einen Schmelzpunkt von 43° zeigten; wurden dieselben