

70 RUBNER UND LANGSTEIN: ENERGIE- UND STOFFWECHSEL USW.

geburt II sehr viel und meistens dünne Stühle. Die durch Haut und Lunge ausgeschiedenen Wassermengen sind bei beiden Kindern gleich; pro Kilogramm und Tag haben sie (durch Haut und Lunge) im Mittel beider Perioden 55 bzw. 60 g ausgeschieden. Das sind recht hohe Mengen, die vom kalorischen Gesichtspunkte aus betrachtet einen beträchtlichen Wärmeverlust durch Verdunstung ergeben.

	Wärmebildung in Kal.	Wasser durch Verdunstung in g	Kal. in verdunstetem Wasser	Wärme durch Verdunstung in Proz.
Kind I:				
I. Periode	188.7	182	109	57.7
II. Periode	188.5	117	70.2	37.2
Mittel aus I und II				47
Kind II:				
I. Periode	176	163	98	55.7
II. Periode	169	100	60	35.6
Mittel aus I und II				45.6

47 bzw. 45.6 Proz. der Wärmeabgabe fallen also auf die Wasserverdampfung. Die Kinder lagen sehr ruhig, das Moment einer starken Lungenventilation kann also für die hohe Wasserdampfausscheidung nicht in Betracht kommen. Man muß aber berücksichtigen, daß die den Kindern mit der Nahrung zugeführte Wassermenge sehr groß war (176 bzw. 160 g pro Tag und Kilogramm Körpergewicht).

Fassen wir kurz die Ergebnisse zusammen, die wir aus den Gesamtstoffwechselfersuchen an zwei frühgeborenen Säuglingen gewonnen haben: Die beiden Frühgeborenen haben bei einer im allgemeinen ungünstigen kalorischen Ausnutzung der Nahrung insbesondere bei schlechter Fettausnutzung das ihnen mit der Nahrung gereichte Eiweiß sehr gut zum Aufbau ihrer Zellen verwertet. Vom energetischen Standpunkte ist die Tatsache bedeutungsvoll, daß fast der gesamte Nahrungsüberschuß zum Anwuchs verbraucht wurde. Die Wärmebildung war nicht gesteigert.

# ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

## ARCHIV

FÜR

FOLGERSZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER,  
REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1915.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

ZWEITES UND DRITTES HEFT.

MIT ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1916

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.



Der wichtigste Teil des Eingriffes ist demnach die Behandlung des Birkenholzes mit Kali. Durch alle Eingriffe zusammengenommen, ist der Pentosengehalt auf 5.93 Prozent des ursprünglichen gesunken.

Die Gewichtsmengen, welche nach den verschiedenen Eingriffen als Trockensubstanz (ohne Berechnung der Asche) hinterbleiben, sind folgende:

Ausgangsmaterial . . . . .	100
nach Behandlung mit Kali . . . . .	71.4
die Rohzellulose beträgt . . . . .	45.0
nach Behandeln der Rohzellulose mit Kali . . . . .	41.1

## Untersuchungen über die Resorbierbarkeit des Birkenholzes.

Von

Max Rubner.

Bei einer großen Zahl pflanzlicher Nahrungsmittel liegen die zur menschlichen Nahrung verwendeten Bestandteile so weit frei, daß sie durch Sprengung einer derben Außenhaut in Freiheit gesetzt werden können, so bei den Zerealien Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, bei Reis, Mais, auch bei Kartoffeln. In anderen Fällen sind aber nährrende Bestandteile in den festgebauten Pflanzenzellen eingeschlossen, wie bei der Kleie oder den grünen Gemüsen.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel werden vielfach so genossen, daß die Teile mehr oder weniger zerkleinert werden. Sie bestehen in diesen Fällen also aus Trümmern der Gewebe. Beim Kaen von grünen Gemüsen und Obst ist die Zerkleinerung der Teile nur sehr unvollkommen, man kann unschwer aus dem Kote z. B. Salatstücke von großem Umfange und ähnliches isolieren.

Auch bei den Substanzen, die wir im zermahlenden Zustande aufnehmen, ist die Zerkleinerung oft nur eine sehr mäßige; wenn man sich die Mühe macht, die Stücke chemisch zu entfernen, sieht man diese Zellstücke deutlich vor sich.

Wir haben es ausnahmslos mit zahlreichen unverletzten pflanzlichen Zellen neben anderen, deren Wandung angebrochen ist, zu tun.

Die alltägliche Ernährung hat den Menschen über den Grad der Unverdaulichkeit vieler Pflanzenteile unterrichtet, manche liegen so wenig unverändert in den Ausscheidungen vor, daß auch die volksgemäße Auffassung das Entbehrliche solcher Beimengungen erkannt hat. Die näivste Beobachtung zeigt, daß die Kerne der Früchte unverändert wieder abgehen, daß auch die Häute in Beerentrüchten wieder im Kote erscheinen;

nimmt man aber einige experimentelle Erfahrungen hierzu, etwa den reichlichen Genuß von Spinat oder gelben Rüben, so scheint schon ein oberflächlicher Vergleich, hier die grüne Farbe in dem einen, die goldgelbe in dem andern Falle, den Durchtritt der Speisen durch den Darm des Menschen zu bestätigen.

Die praktische Erfahrung hat daher von jeher Veranlassung genommen, die Hülsen z. B. von dem Inhalt der Brotrüchre zu trennen. So ist bei Weizen, Roggen, Hafer, Gerste die Abtrennung der holzfaserführenden Schichten tiblich und die Mühlentechnik in dieser Richtung angearbeitet worden. Auch bei Reis und Mais ist das Schälvverfahren angewandt. Bei Bohnen, Erbsen und Linsen wird in der Küche die Scheidung herbeigeführt und bei Verzehren von Erbsen ist die Trennung der Schalen und Kerne beim Essakt tiblich geworden.

Wie man so einerseits sich eine bestimmte Meinung über das Unverdauliche gebildet hat, so hat es andererseits nicht an Vertretern der entgegengesetzten Meinung gefehlt. Man hat trotz der notorischen Anscheidung unverdaulicher Pflanzenzellen merkwürdigerweise die völlig unwisensene Behauptung aufgestellt, daß alle Pflanzenzellen mit Nährstoffinhalt unbedingt wertvolle Nahrungsstoffe wären. Man hat agitatorisch, nur um auf die umfangreichste Bewegung dieser Art hinzuweisen, den Inhalt der Kiebezellen als wichtige Nahrungsquelle bezeichnet. Das gilt aber nicht nur für die Kleiefrage, sondern es ist schließlich die Sachlage für viele Gemnisse nicht anders. Auch in ihrer Beurteilung legt man auch heute noch, insoweit man wahllos nach der chemischen Zusammensetzung urteilt, einen falschen Maßstab an.

Eine Entscheidung in dieser Frage kann nur durch eine genaue experimentelle Untersuchung erbracht werden, welche zwei Gesichtspunkte zu betrachten hätte. Einmal die Feststellung, ob und inwieweit die Zellmembranen überhaupt auflöslich sind, daraus würde sich erst der Nachweis ihres ernährungsphysiologischen Nutzens ergeben, sind sie nicht löslich, so würde dann weiterhin zu prüfen sein, welcher Vor- oder Nachteil die Beimengung unverdaulichen Materials hat; unlösliche Zellmembranen würden aber weiterhin noch eine verschiedene Wirkung haben können, je nachdem sie in den Zellen Nährstoffe eingeschlossen haben oder nicht.

Die Zellmembranen der Pflanzen sind nichts Einheitsliches, wie schon in dem Abschnitte über Birkenholz auseinandergesetzt wurde, können sie bei einzelnen Pflanzen je nach dem Alter der Pflanze sehr verschiedenen morphologischen, d. h. auch chemisch ungleichen Aufbau haben.

In dieser eben gegebenen Formulierung ist die Frage nie aufgenommen worden, denn man hat nie versucht, die Zellmembranen von den anderen

in den Pflanzen enthaltenen Nährstoffen zu scheiden, Mittel dazu wären auch früher dazu nicht vorhanden gewesen.

Soweit man experimentell die Bedeutung der Pflanzenmembranen zu erklären suchte, stand man auf dem Boden der damaligen Auffassung der Zellmembran als einem aus Zellulose bestehenden Strukturelement.

Man hat in den Analysen also die Zellulose von den übrigen N-freien (nicht fettartigen Stoffen) — den sogenannten N-freien Extraktstoffen geschieden.

Die Frage über die Verdaulichkeit der Pflanzenzellen bewegte sich bis heute im Rahmen des Zellulosenachweises. Verdaulichkeit oder Nichtverdaulichkeit der letzteren wurde namentlich im Rahmen der Ernährung der Haustiere eingehend studiert, aber auch hinsichtlich der menschlichen Verdauungsmöglichkeiten nicht ganz vernachlässigt.

Es hatte sich sehr bald herausgestellt, daß Tiere mit entwickeltem Blinddarm zweifellos die Zellulose stark anzugreifen vermögen, wie sich zeigte, wesentlich durch bakterielle Einwirkung, während bei Organismen mit einfach gebautem Darm die Verwertung sicherlich nur eine untergeordnete Rolle spielte.

Für die nachfolgenden Untersuchungen muß ich bei der Zellulosefrage etwas ausführlicher verweilen. Die Trennung der Zellulose von den vielen anderen pflanzlichen Zellstoffen läßt sich nicht durch sehr schwache chemische Eingriffe vollziehen.

Die Beseitigung des Stärkemehls erfordert Säuren oder Alkali oder oxydierende Mittel, von denen heute bekannt ist, daß sie jedenfalls nicht die pflanzliche Zellwand, sondern nur einen Teil derselben analytisch feststellen lassen. Indem man darauf ausgeht, die echte Zellulose zu bestimmen, werden eine Reihe anderer mit der Zellwand in Verbindung stehenden Substanzen geopfert, ja die Eingriffe sind meist derart, daß sicher auch die echte Zellulose mit angegriffen wird. Das Ziel, reine chemische Individuen zu erhalten, ist trotzdem nicht erreicht, weil der Zellinhalt sich gewiß nicht in allen Fällen aus den Zellen auslaugen läßt, sondern in letzteren eingeschlossen bleibt, wenn nicht die mechanische Zertrennung eine sehr weitgehende, in vielen Fällen gar nicht zu erreichende Grenze überschreitet.

Am häufigsten verwandt wurde zu Untersuchungen die Weender-Methode. „Weender“-Rohfaser ist aber weder ein einheitlicher chemischer Begriff, sie ist auch nicht einmal ein aliquoter Teil der Zellmembranen überhaupt. Sie ist auch keine reine Zellulose.

Sie sagt also, insoweit ihre Resorptionsverhältnisse verfolgt werden, nichts über die Pflanzenmembranen selbst aus. Historisch aber müssen

wir zunächst das betrachten, was sich aus den Experimenten in dieser Richtung ergeben hat.

Ein Aufgreifen der Bedeutung der Holzfaser in der Ernährung des Menschen fand zunächst durch Franz Hofmann statt, der in orientierenden Versuchen die Benachteiligung der normalen Verdauung leicht resorbierbarer Nahrungsmittel durch Beimengung von zerkleinertem Stroh zeigte.

Späterhin hat Weiske<sup>1</sup> an zwei Personen mit Gemüßen Ausnutzungsversuche angestellt. An 3 Tagen wurden 417 und 353 g Trockensubstanz (Möhren, Sellerie, Kohl) verzehrt, also pro Tag 139 bis 118 g Trockensubstanz. Die entleerte Körmenge betrug 199.6 bis 138.7, woraus sich ergibt, daß die Abgrenzung offenbar eine so unsichere war, so daß eine Menge Kotes, die gar nicht auf die Fütterungsperiode traf, mit verwendet worden war. In dem einen Fall wurden 63, im anderen 47 Prozent der Zellulose nicht mehr aufgefunden, also verdaut, wie Weiske annimmt. Die Versuche können aber nicht wohl als beweisende und entscheidende gelten.

Die nähere Bedeutung, welche die Zellulose überhaupt für die Verwertung der in Zellen eingeschlossenen Nährstoffe hat, wurde von mir<sup>2</sup> an dem Kleiegehalt der Brotmehle eingehend geschildert, wobei ich an den aus der Fäces wieder dargestellten Hülsen zeigen konnte, daß diese einer Verdauung nicht oder sehr beschränkt unterliegen, sondern die Kleberstoffe in unverletzten Zellen unverändert eingeschlossen zeigen. Daraus ergab sich auch die große Bedeutung der Zellzertrümmerung für die Resorption. Unterschiede in der Verdaulichkeit der Zellulosen verschiedener Herkunft waren schon aus Tierversuchen bekannt.

Eine eingehende Untersuchung über die Verdaulichkeit der Zellulose verschiedener Herkunft beim Menschen hat zuerst Knieriem mitgeteilt.<sup>3</sup> Die Rohfaserbestimmungen sind nach der Weender-Methode ausgeführt worden. Von der Holzfaser, welche die Schwarzwurzel enthält, als Repräsentanten der verholzten Faser wurden nur 4.4 Prozent, von der zarteren Rohfaser des Salates wurden aber 25.2 Prozent verdaut. Selbst für diesen letzten Fall findet also Knieriem nur eine mäßige Verdaulichkeit. Über die Natur dieser verschiedenartigen Zellulose ließ sich zu der Zeit, als Knieriem seine Versuche anstellte, wenig aussagen; eingenaßensuchte er sich durch Elementaranalyse der Rohfaserarten zu unterrichten, ohne daß es aber ein entscheidendes Urteil zu fällen gelang.

<sup>1</sup> *Zeitschrift für Biologie*. 1870. Bd. VI. S. 456.

<sup>2</sup> *Ebenda*. 1883. Bd. XIX. S. 45.

<sup>3</sup> *Ebenda*. 1885. Bd. XXI. S. 67.

Es ist zur Zeit unbekannt, inwieweit und in welcher Art die Zellulose der Salate und der Schwarzwurzel verschieden sind. Es wäre ebenso gut möglich, daß aus dem Stoffgemenge, welche die Weender-Methode zusammenfaßt, bei Salat ein Teil zur Resorption gelangt ist, der nach unseren heutigen Begriffen gar nicht echte Zellulose war, sondern etwa Hemizellulosen oder dgl.

Ich kann hier auch an die Angaben W. Hoffmeisters erinnern, über die ungleiche Resorbierbarkeit der mit Kali extrahierten Teile der Zellulose, aus denen eine zweifelhafte Ungleichwertigkeit der Zellulose hervorgeht, die nach meinen Untersuchungen hauptsächlich die Pentosen betrifft. Würde man auch eine ganz ideale „Zellulosebestimmung“ zu verwenden in der Lage sein, so würde man zunächst wohl nur einen kleinen Teil der Zellmembranstoffe in ihrer Verdaulichkeit zu verfolgen in der Lage sein, während die Veränderungen des weitaus größten Teiles der Stoffe im Verhalten unerkant bliebe.

Tatsächlich vermag man also aus den Zelluloseanalysen über das Verhalten der Zellmembranen im allgemeinen nichts anzusehen.

Da bietet gewissermaßen das Birkenholz, noch dazu ein willkommener so arm an Nährstoffen ist, wie das mir vorliegende, gerade ein willkommenes Material — ein Zellmaterial, dessen Veränderung durch die Resorption wenn möglich einen wertvollen Einblick in die Auflösung solcher, wenn auch verholzter Massen bieten könnte.

Das Widersinnige einer Holzverfütterung liegt zunächst in der physikalischen Beschaffenheit, der Festigkeit des Holzes, das an sich ja unkanbar erscheint. Gewiß setzen manche Holzsorten der Zerklüftung endlose Schwierigkeiten entgegen. Bei Koniferenholz habe ich selbst nach acht-tägiger Behandlung in der Kugelmühle keine Veränderung nachweisen können, die es als Objekt zu Fütterungszwecken tauglich gemacht hätte. Anders bei der Birke, über deren Zerklüftungsmöglichkeit ich bereits das Nähere angegeben habe.<sup>1</sup>

Das Material erscheint also an sich genügend brauchbar, aber die weitere Voraussetzung einer Ausführung eines Resorptionsversuches wird damit zu Wasser, daß man kein Mittel kennt, um dieses Material wieder aus dem Kote unverändert abzuschneiden. Differente Lösungsmittel darf man nicht anwenden, und auf anderem Wege scheint es unmöglich, zu einer Trennung von den Koblestandteilen zu kommen. Nach mancherlei vergeblichen Vorversuchen ist es mir gelungen die Schwierigkeiten so zu überwinden, daß man sagen kann, die Methodik ist brauchbar.

<sup>1</sup> *Dies Archiv*. 1915. Physiol. Abtlg. S. 74.

Die Birkenholzmasse kann natürlich nicht für sich allein geflittert werden; wenn man ein Experiment an einem Tiere ausführen will, sollen die Darmerhältnisse dem Menschen tunlichst nahekommen. Brauchbar ist als Versuchstier der Hund. Das „Birkennmehl“ muß dabei als Zugabe zu einem anderen Futter verabreicht werden, dazu eignet sich vor allem das Fleisch, weil dieses ja nach unserer Erfahrung vortrefflich ausgenutzt wird — genau so wie beim Menschen — und sehr wenig Kotrückstand überhaupt liefert.

Die Lösung der Fleischkothbestandteile läßt sich in folgender Weise vornehmen. Der frische oder trockene Kot wird mit etwas konzentrierter Salzsäure versetzt (der trockene Kot wird vorher mit Wasser durchfeuchtet), dann rührt man 5 Minuten durch und setzt dann starken Alkohol zu, erwärmt, gießt ab, gibt erneut Alkohol auf bis zur Erschöpfung der Farbe. Dann wäscht man mit Aceton und Äther aus und trocknet. Mitunter hat man damit schon  $\frac{1}{10}$  des Kotes gelöst, der Rest wird mit gesättigter Chloralhydratlösung (warm) behandelt, dann durch ein weiches Filter filtriert — wobei von 4 bis 5 g trockenem Kot 20 bis 25 mg zurückbleiben, was meist ganz vernachlässigt werden kann. Mischt man Birkennmehl zu Fleischkost, so kann man es auf diese Weise wieder herausbekommen und unverändert abscheiden, denn Chloralhydrat löst von Holz so gut wie nichts auf, auch die Diastase hat keine Wirkung.

Um festzustellen, ob nicht Extrahieren des Kotes mit  $\text{ClH}$ -Alkohol Pentosen aus dem Birkennmehl extrahiert, d. h. Pentosane gespalten werden, wurden je 2 g lufttrocknes Birkennmehl teils nur (A) mit absolutem Alkohol extrahiert, dann getrocknet und gewogen, teils steigende Mengen konzentrierter Säure auf das Birkennmehl gebracht (B=1 ccm C=2 ccm D=4 ccm E=8 ccm) und dann sofort mit Wasser befeuchtet, dann Alkohol zugegeben oder (F) zuerst Wasser, dann (8 ccm)  $\text{ClH}$  beigemischt und im übrigen verfahren wie oben. Die  $\text{ClH}$  färbt das Holz momentan leicht gelb, das Alkohol-extrakt nimmt auch ohne  $\text{ClH}$  eine leicht gelbe Farbe an, die getrockneten Präparate haben bei  $\text{ClH}$ -Zugabe eine leichte Rosafärbung. Die getrockneten Präparate werden versäht. Es wurden folgende Mengen organischer Trockensubstanz gefunden:

A	1.669	D	1.649
B	1.663	E	1.650
C	1.658	F	1.659.

Die Unterschiede in den Gewichten sind minimal, bei der Ausführung der Methode wurde so verfahren, daß zuerst der Kot befeuchtet und dann mit mäßigen Mengen  $\text{ClH}$ , welche geringer waren als die in obigen Versuchen angewandten, versetzt wurde. Es könnte also maximal höchstens ein

Gewichtsunterschied von 0.5 Prozent angenommen werden, der bei dem hohen Pentosengehalt, selbst wenn es sich tatsächlich in Lösung von Pentosanen durch Säuren gehandelt haben sollte, nicht in Betracht kommt.

Im Kote des Menschen und der Tiere sind eine nicht unerhebliche Menge von Bakterien enthalten. So hat Lissauer in meinem Laboratorium festgestellt, daß bei Menschen

bei gemischter Kost	8.67 Prozent
„ vegetabilischer Kost	10.49 „
„ animalischer Kost	4.26 „

des trockenen Kotes trockne Bakterienmasse sind.<sup>1</sup> Bei sehr reichlicher Fleischkost kommt 0.08 g N täglich auf diese Bakterienmasse. Bei gemischter Kost 0.33 g N. Bei der Darstellung der Zellulosehüllen aus Kot stört der Bakterienrückstand nicht, da derselbe in Chloralhydrat zur Auflösung kommt, woran man sich durch Eintragen von Bakterienemulshären in eine derartige Lösung überzeugen kann. Schon in der Kälte findet eine Auflösung statt, im Filtrat erhält man auf Ätherzusatz wieder durch Ausfällung die Bakterienmassen.

Durch die lösende Wirkung des Chloralhydrates erklärt sich auch, daß man den Fleischkot bis auf Spuren einer organischen Substanz zur Auflösung bringen kann.

Auf diesem Wege erhalten wir also die Zellsubstanz, so wie sie ist, wieder. Ihrer weiteren Untersuchung steht also kein Hindernis entgegen.

Die Untersuchung kann nach zwei Richtungen erfolgen:

- hinsichtlich des Gehaltes an Zellulose,
- hinsichtlich des Gehaltes an Pentosen, die im gegebenen Falle so reichlich im Birkennmehl enthalten sind.

Besonders die Resorption der Pentosen, die sich aus den Pentosanen des Holzes abspalten, muß von Interesse sein. Die Aufnahme von Pentosen aus den Futtermitteln ist schon bekannt, auch hat König und Reinhardt beim Menschen Ausnutzungsversuche mit dem Ziele, die Resorbierbarkeit der Pentosen festzustellen, ausgeführt. Es ist aber bei den bisherigen Versuchen nicht erwiesen, ob die resorbierten Pentosen in ihrer Gesamtheit aus Pentosanen herstrammen oder ob nicht ein Teil bereits als lösliche, fäulnisvollziehende Substanzen in den Nahrungsmitteln vorhanden sind. Das Holz der Birke enthält jedenfalls keinerlei in Wasser lösliche Pentosen.

Schließlich sind ja die Pentosen, wie man weiß, doch nicht wertlose Substanzen für den Körper, sondern durch ihre Beziehungen zu manchen

<sup>1</sup> *Archiv für Hygiene*, 1906. Bd. LVIII. S. 145.

Nucleinsäuren Verbindungen von bestimmtem Werte. Indem man so die Pentosefrage als allgemein aus der Frage der Zelluloseverdaunung heraushebt, betritt man ein Gebiet, das besser und eindeutiger zu lösen ist als dieses letztere.

Indem man diese Pentosefrage für sich behandelt, hat man den Vorteil, daß man es mit einem an sich gut bestimmbareren Anteil der pflanzlichen Zellwand zu tun hat, nicht mit einem so unbestimmten Gemenge, wie es die meist untersuchten Rohfasern gewesen sind.

Die Pentosane werden in ihrer Verdaulichkeit nicht einheitlicher Natur sein, da sie ja nach den Untersuchungen der Pflanzenphysiologie in verschiedener Weise mit den Zellulosen verbunden sein können. Insofern dieselben z. B. als *Arktideung* mancher Pflanzenzellen erscheinen, als Zelleinschlüsse betrachtet werden müssen, wird ihre Resorption mitunter aus mechanischen Gründen denselben Schwierigkeiten unterliegen, wie die Resorption der in Zellen eingeschlossenen Stärke oder jene des Klebers.

Nach den bisherigen Anschauungen soll die Resorption der „Zellulose“ auf dem Wege der bakteriellen Vergärung entstehen, wie sich ein solcher Prozeß in dem komplexeren System der pflanzlichen Zellhaut abspielt, ist nicht bekannt.

Es ist bisher eines Umstandes, der doch sehr nahe liegt, nicht gedacht worden, nämlich der Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, daß nicht in jedem Kote, der Zellmembranen pflanzlicher Natur enthält, auch die Zellulosegärung in gleichem Grade stattfinden wird. Man muß damit rechnen, daß je nach der gesamten Nahrungsmischung die Bedingungen für das Bakterienwachstum sicherlich nicht dieselben sein werden. Auch weiß man nicht, ob für die Auflösung der zellulosehaltigen Membranen nur eine Bakterienspezies in Frage kommt oder ob eine solche Einwirkung eine Nebenwirkung verschiedener Bakterienspezies ist, die sich im Kote finden. Die Bakterienflora ist wechselnd, also könnte sich es möglicherweise auch so verhalten, daß dieselben pflanzlichen Zellen je nach der Beikost, mit der sie im Darmlumen zusammenkommen, auch in verschiedenem Grade resorbiert werden. Manche Beobachtung weist auf solche mehr zufällige Begleiterscheinungen hin.

Im Kote sind manchmal die bakteriellen Zersetzungen sehr rasch abgeschlossen. So habe ich im Kote von Säuglingen, die an der Brust liegen, beobachtet, daß jede Wärmeproduktion fehlt, auch wenn man das Material bei 37° einer Nachgärung unterzieht. Andere Nahrung bedingt auch andere Verhältnisse, Säuglingskote nach Kuhmilchnahrung heiß die Nachgärung deutlich erkennen. Kotsorten mit reichlich organischen Speiseresten lassen stets Wärmebildung, d. h. Bakterienleben erkennen.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Archiv für Hygiene*. 1906. Bd. LVII. S. 230.

Ich habe Menschenkote von gemischter Kost in zwei Portionen geteilt, in der einen sofort die Zellulose bestimmt, in der anderen, nachdem der Kot in seiner ursprünglichen Beschaffenheit 3 Tage bei 37° gestanden hatte. Es trat eine Verminderung des Zellulosegehaltes um 16 Prozent ein.

Damit zeigt sich also mit großer Wahrscheinlichkeit, daß bakterielle Ursachen für die Zerlegung pflanzlicher Zellreste in Frage kommen. Welche Fermente dabei ausgeschieden werden, ist bisher nicht festgestellt worden.

Man wird also in Zukunft auf die Art der neben dem pflanzlichen Material vorhandenen anderen Nahrungsmittel zu achten haben, um etwaige Beziehungen zu dem Akte der Zelluloselösung aufzufinden.

Für die Technik der Versuchsanordnung ist noch folgendes in Betracht zu ziehen.

Bei den Versuchen über Resorption von Zellulose aus Vegetabilien oder bei Zusatz rein hergestellter Präparate ist zu beachten, daß die Ergebnisse durch zwei nicht zu überschende Umstände beeinflusst werden können.

Der eine von ihnen beruht darin, daß man in gewohnten Rahmen der üblichen gemischten Kost überhaupt an Zellulose nur wenig aufnimmt. Dann aber hat sich mir gelegentlich von Experimenten die Überzeugung aufgedrängt, daß die Ausscheidung feiner gepulverter Pflanzenfasern oder natürlich vorkommender kleiner unlöslicher Pflanzenteile sehr verzögert werden kann. In einzelnen Fällen fand ich länger als 8 Tage ein Zurückhalten bestimmter Pflanzenteile, die, von einer früheren Ernährungsperiode herrührend, täglich in kleinen Quantitäten im Kote erschienen. Man müßte also darauf achten, ob das allgemeine vorkommt, bei einiger Überlegung wird man zu dem Gedanken geführt, als blieben Teilen bestimmter Kleinheit an der Darmwandung und zwischen den Zotten hängen. Sie werden, wenn man nur wenig Material, deren Resorption geprüft werden soll, verabreicht, leicht eine „*Arthnahme*“ vortäuschen können, so daß man also zwischen der Forderung langer Versuchsrainen oder kürzeren mit reichlichem Zellulosegehalt schwanken wird.

Der Menschendarm scheint sich in dieser Hinsicht etwas anders als der Hundedarm zu verhalten. Ich habe bei Hunden, welche vorher fein zertheilte Zellulose erhalten hatten, zur Abgrenzung Knochen gegeben, von dem Knochenkote wurden nur die Teile, welche unmittelbar den vorhergehenden Fütterungskot anschlossen, entfernt, von den drei weiter folgenden Tagen der gesamte Tageskot vermischt und auf Zellulose verarbeitet, ohne daß sich auch nur Spuren der letzteren haben auffinden lassen. Der Knochenkot scheint also eine gründliche mechanische Reinigung des Darmes zu bewirken.

### Die Ausscheidung von Pentosen bei Fleischfütterung.

Den eigentlichen Experimenten schickte ich eine Versuchsreihe mit Fleisch voraus, um annähernd über die Größe der Pentosenausscheidung im Kote unterrichtet zu sein, weil von diesem Umstand die Dosierung des Birkenholzpräparates abhing. Denn es sollte so viel von letzterem gereicht werden, daß daneben die Pentosenausscheidung bei Fleischfütterung nicht wesentlich in Betracht kam.

Im Fleisch finden sich nur sehr wenig Pentosen, der Muskel enthält nach einer vorliegenden Untersuchung (0.11% Xylose =) 0.123% Pentosen; nach meiner Bestimmung fanden sich im Rindfleisch 0.45%, „Pentosen“. Kot nach Fleischfütterung gab für die Trockensubstanz berechnet 1.48 Pentosen (1.88 g auf organische Substanz). Von diesen steckt die Hauptmasse in dem in Alkohol unlöslichen Anteil des Kotes, nämlich 1.04 g, der Rest geht also in den Alkohol über. Das Tier hatte im Tag 1000 g Rindfleisch erhalten, wobei man die tägliche Kotmenge bei der Größe des Tieres (21 Kilo) auf rund 13 g nach anderen Beobachtungen schätzen könnte, so daß rund 0.192 g Pentosen zur Ausscheidung kämen, während 1000 g Fleisch 4.5 g Pentosen enthalten. Aus dieser Schätzung ergibt sich die Resorption eines wesentlichen Teiles der gefütterten Pentosen.

Für die vorliegende Untersuchung kommt die tägliche absolute Ausscheidung der Pentosen in Betracht = 0.192 g; diese Menge ist sicherlich gegenüber dem Reichtum pflanzlicher Nahrungsmittel, speziell des Birkenmehles an Pentosen so gering, daß die vermehrte Ausscheidung unter dem Einfluß der vegetabilischen Kost leicht und sicher zu bestimmen sein wird.

### Fütterungsversuche ab 23. Juni 1915.<sup>1</sup>

Diese zerfallen in drei Perioden, zu je drei Tagen. Vor und nach einer solchen werden Knochen zur Abgrenzung gegeben, am Schluß folgten 4 Knochentage. In der ersten Periode wurde nur gehacktes Fleisch, in der zweiten und dritten dieselbe Fleischmenge (1000 g) unter Zusatz des Birkenholzpräparates gegeben.

Der zu den Versuchen verwendete Hund wog 21.2 kg, nach den von mir festgestellten Konstanten für die Oberfläche und dem mittleren Energieverbrauch des Hundes bei 15° Lufttemperatur ließ sich der Nahrungsverbrauch pro Tag auf 997.74 kg-Kal. berechnen. Ich verabreichte den Hunde 1000 g mageres Fleisch, das im Mittel 3.46 Prozent N enthält<sup>2</sup> und

<sup>1</sup> Die nachfolgenden Ergebnisse wurden in der Sitzung vom 29. Juli 1915 der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.

<sup>2</sup> *Gesetze des Energieverbrauches*, S. 20.

1.13 Prozent Ätherextrakt (mit 8.7 kg-Kal. pro 1 g s. C. c. S. 24), in Summe also 997 kg-Kal., was gerade dem Bedarf entspricht. Dazu kamen dann die entsprechenden Zusätze (Birkennmehl oder mit Kali extrahiertes Birkenholz) in einer Menge, die annähernd  $\frac{1}{10}$  des täglichen Kalorienumsatzes entsprach.

Die Präparate sind schon früher eingehend geschildert worden; es war zunächst für Reihe I Birkenholzmehl; an der Sonne getrocknet, und für Reihe II Birkenholzmehl, das durch Behandeln mit 5 Prozent Kalilauge in der Kälte eines großen Teiles seiner Pentosen oder richtiger gesagt der „Hemi“-verbindungen beraubt war, verwendet worden. Dadurch sollten bei gleicher Grundsubstanz — (die eigentliche Zellulose) zwei Substanzen mit ungleichen Mengen „leicht verdaulicher“ Zellulose verglichen werden.

Der Versuch würde also in gewissen Sinne das Experiment wiederholen, das W. Hoffmeister mit zwei Zellulosepräparaten angestellt hat, von denen er dem einen durch Kalilauge einen Teil, wie er sich damals ohne Kenntnis des Pentosegehaltes seines Präparates ausdrückte — den verdautlichen Teil entzogen hatte.

### Berechnung der Zufuhr.

In 25 g Birkennmehl sind:

22.6 g Trockensubstanz,
0.08 g N,
0.50 g Rohprotein,
0.09 g Rohfett,
1.871 g Asche,
8.81 asche- und pentosanfreie Zellulose,
7.31 g Pentose,
20.75 organ. Substanz.

In 19.4 g mit Kali extrahiertem Birkennmehl:

0.02 g N,
0.17 g Rohprotein,
— Rohfett,
1.08 g Asche,
8.78 g Asche und pentosanfreie Zellulose,
3.33 Pentosen,
18.3 organ. Trockensubstanz.

Das Futter wurde dem Tiere mit den beiden Präparaten gemischt verabreicht. Bei einer Futtermenge, wie die angegebene, konnte ich erwarten, soviel Kot in einer je dreitägigen Periode zu erhalten, um alle in Aussicht genommenen Fragen analytisch ausführen zu können.

Nach diesem Plane entstanden folgende drei Reihen:

I. Eine dreitägige Fleischperiode, der ein Knochentag vorausging. Der Hund bleibt im Stoffwechselfähig, damit er keine Gelegenheit hat, Gras

oder Strohtelle aufzunehmen. Dieser Reihe war schon eine Fleischperiode vorangegangen, deren Kot zu einigen Vorstudien gedient hatte. Der Darm des Tieres war also sicher frei von jeglicher Spur pflanzlicher Nahrung bzw. zufälliger Beimengung solcher.

II. Nach einer 24 stündigen Fütterung einer reichlichen Knochenmenge kam die I. Versuchsreihe mit Birkenmehl (3 Tage), nach einem weiteren Knochentag die

III. dreitägige Fütterung mit dem mit Kali extrahierten Präparat, darauf eine viertägige Periode mit Knochenfütterung, letzteres zu dem Zwecke, um ein für allemal festzustellen, ob im Knochenkot etwa noch Reste von Birkenholz enthalten sind; die Abgrenzung war ganz scharf.

An diesen 4 Knochentagen wurden jeden Tag die Ausscheidungen für sich gesammelt, gepulvert, darin eine Zellulosebestimmung nach Hoffmeister gemacht. Der Kot löst sich beim Stehen mit chloressaurem Kali und Salzsäure (1050 spez. Gew.) auf, wie jede andere Substanz, liefert eine goldgelbe Flüssigkeit und einigen Rückstand, in kochendem Wasser aufgenommen und mit  $\text{NH}_3$  versetzt, entstand eine Spur einer Trübung, die unfiltrierbar, wohl aber zentrifugierbar war. Das Sediment bestand aus Phosphaten, gab aber keinerlei Zellulose und Pentosereaktion.

Bei meinem Versuchstier fand also keine Zurückhaltung von Zellulose, d. h. Birkenmehl, im Darm statt, eine eintägige Knochenfütterung reichte zu sicherer Abgrenzung aus.

Jede Kotentleerung wurde für sich frisch gewogen, dann getrocknet, nach dem Trocknen gepulvert und durch ein feines Sieb getrieben, wobei manchmal kleine Reste von Haaren untermischt mit Teilen der gefütterten Substanz zurückblieben, die offenbar erst durch das Stoßen und Reiben fest aneinander gepreßt wurden. Diese Reste wurden für sich gewogen und analysiert.

#### I. Versuch mit reiner Fleischfütterung.

1000 g Fleisch pro Tag.

Abgegeben: 47.35 g trockener Kot = 15.47 g pro Tag.

Aschgehalt 34.21 Prozent, also 31.15 g organische Substanz, im ganzen = 10.38 g Organisches im Tag.

N-Gehalt der Trockensubstanz = 6.95 Prozent = 3.29 g im ganzen = 1.096 g pro Tag.

Verbrennungswärme = 4.292 Kal. pro 1 g = 203.22 Kal. = 67.74 Kal. pro Tag.  
Pentosen: 0.82 Prozent der Trockensubstanz (die Hälfte des Furfurophloroglucids bestand aus Methylpentosen) = 0.388 g pro 3 Tage = 0.129 g pro Tag.

#### Allgemeine Verhältnisse der Ausscheidungen.

II. Versuch. 1000 g Fleisch + 25 g Birkenholzmehl.

Die Beimengung von 25 g Birkenholzmehl wurde von dem Tier nicht empfunden, von entleerten Kot wurde jede Portion für sich frisch gewogen, dann bei 100° getrocknet und außerdem dann alle Kotproben in der Reibschale zerrieben und gesiebt. Im Kote zeigte sich keine gasige Gärung. Auffallend konnte zunächst der erhebliche Trockengehalt des Kotes sein, im Mittel wurden 226 g frisch ausgeschieden, 74.2 g trocken, = 32.8 Prozent Trockensubstanz. Eine Erklärung findet sich aber darin, daß dem Kote die Reste der nicht resorbierten Birkenholzsubstanz beigeengt waren, die an sich fast wasserfrei ist. Jedenfalls fand keine Reizung des Darmes und keine Ausscheidung eines wässrigen Kotes statt. Der Kot enthielt 17.9 Prozent Asche der Trockensubstanz, für 74.2 g Kot 13.28 g = 4.43 g Asche pro Tag.

Die Menge des täglich ausgeschiedenen trockenen Kotes betrug 24.73 g, der organische Anteil 20.30 g, bei Fleischfütterung allein nur 10.38 g, somit mehr täglich bei Birkenholzzugabe 10.18 g, während die verfütterte Menge 20.75 g organischer Substanz entsprach. Das allgemeine Resultat: von dem Birkenholzmehl ist ein nicht unbeträchtlicher Teil resorbiert worden, steht somit fest.

Die Pentosenbestimmung ergab folgendes:

Der fein gesiebte Teil enthielt 18.05 Prozent Pentosen	
der unsiebbare „	13.85 „
Pro Tag wurden ausgeschieden:	
Im gesiebten Anteil	3.821 g Pentosen
im ungesiebten Teil	0.563 „
Summe:	4.384 g Pentosen

Der Pentosengehalt der täglichen Ausscheidungen ist also sehr bedeutend gegenüber dem Versuch mit reinem Fleisch.

Die Summe der Pentosen im Kot betrug pro Tag	4.384 g
davon können aus Fleisch herrühren	0.129 „
sonit stammen im Kot aus Birkenmehl	4.155 g
In der Einnahme waren (Birkenholz)	7.31 g pro Tag
im Birkenholzgehalt des Kotes sind	4.15 „
also resorbiert	3.16 g

In Prozenten sind somit 43.23 Prozent oder ohne die Korrektur für Fleischkot 40.08 Prozent der Pentosen resorbierbar gewesen.

Die Resorption ist demnach recht bemerkenswert, zumal man doch bei der verholzten Substanz gewisse Schwierigkeiten der Aufnahme voraus-



setzen durfte. Durch welche Mittel die Pentosen in Pentosen umgewandelt und gelöst werden, ist nicht bekannt. In Kontrollversuchen lösten weder Malzdiastase noch Pankreasdiastase nennenswerte Mengen des Birkenholzmehles. Somit bleibt nur die Vermutung einer bakteriellen oder spezifischen fermentativen Einwirkung oder beides.

Auf die Resorption der Pentosen allein kann der erhebliche Verlust der organischen Substanz, was ich durch die Gegenüberstellung des Kotes nach Fleischfütterung und Fleisch und Birkenmehlfütterung erwiesen habe, nicht zurückgeführt werden.

Der N-Gehalt des Kotes war im Durchschnitt 3.292 Prozent, so daß auf die ganze Reihe 2.42 g N oder auf den Tag 0.801 g N trafen.

Die Verbrennungswärme des Kotes betrug 4.035 Kal. pro 1 g bei 17.9 Prozent Asche. 4.915 Kal. pro 1 g organisch.

Im ganzen kamen im Kot zu Verlust . . . 299.43 Kal.  
oder für den Tag . . . . . 99.81 „

### III. Versuch.

1000 g Fleisch + 20 g mit Kali extrahiertes Birkenholzmehl.

Das zur Fütterung benutzte Präparat war nicht so feinflockig und locker wie das Birkenholzmehl, das selbst dem getrockneten Kote das lockere Gefüge als charakteristisches Merkmal aufgeprägt hatte. Trotzdem war es sehr fein gemahlen. Auch dieses Präparat störte die Verdauungsvorgänge in keiner Weise. Der Kot ähnelt im frischen Zustande sehr dem des vorigen Versuches.

Auch hier war der Kot sehr trocken und besaß im Mittel 39.1 Prozent Trockensubstanz, die Gesamtmenge des trockenen Kotes (gesiebter und unsiebbare Teil) betrug 79.54 g, der Aschengehalt war 26.57 bis 23.76 Prozent im gesiebten und ungesiebten Teil, so daß 58.95 g organische Teile als Ausscheidung zu berechnen sind.

19.65 g organische Kotmenge pro Tag,

bei Fleischfütterung 10.38 g organische Substanz.

also treffen 9.37 g auf den Zusatz des Birkenholzpräparates.

Gefittert wurden an organischer Substanz täglich 18.3 g der letzteren. Aus der Gegenüberstellung der Kotvermehrung bei Fütterung des Birkenholzpräparates mit diesem selbst zeigte sich wieder, wie im vorigen Versuch, daß auch von diesem Material, dem durch 5 Prozent Kali sehr große Mengen der Pentosen entzogen waren, ein Teil resorbiert worden war, wie schon ein oberflächlicher Vergleich mit dem vorigen Versuch II erweist, kann sehr viel weniger, was den Schluß rechtfertigt, daß das pentosearme Präparat die Resorbierbarkeit nicht eingebüßt hat. Nach W. Hofmeisters Angaben hätte man aber wohl einen wesentlichen Unterschied erwarten sollen.

Die Pentosenuntersuchung ergab folgendes Resultat:

Der gesiebte Kotanteil enthielt . . . . 6.92 Proz. Pentosen,  
der unsiebbare Kotanteil enthielt . . . . 6.56 „ „  
worunter viel Methylverbindungen.

n absoluter Zahl wurden abgegeben pro Tag:

Im gesiebten Teil . . . . .	1.430 g Pentose
Im unsiebbaren Teil . . . . .	0.544 „ „
	1.884 g Pentose
Es waren also im Kot . . . . .	1.884 g Pentose
davon stammen aus Fleisch . . . . .	0.129 „ „
also aus dem Birkenpräparat . . . . .	1.755 g Pentose.
Dieses selbst enthielt . . . . .	3.33 g
ab für den Kot . . . . .	1.75 „
also resorbiert . . . . .	1.58 g

Auch hier ist also noch Pentose resorbiert worden, allerdings weniger als im Versuch II, wo 3.94 g täglich aufgenommen wurden, aber die Auflösung der Pentose hat hier weiter um sich gegriffen, wie im Versuch II, denn dort sind noch 4.15 g Pentosen unresorbiert geblieben, hier im Versuch III waren aber von Anfang an die Pentosen durch die Vorbehandlung mit Kali so weit entfernt, daß überhaupt nur 3.33 g Pentosen in der Nahrung waren. Dies ver trägt sich nicht mit der Vorstellung, daß die Präparate in Versuch II und III Pentosen spezifisch verschiedene Verdaulichkeit besaßen. Das relative Verhältnis der Resorption der Pentosen war hier 43.23 Prozent, d. h. kaum different vom Ergebnis bei Versuch II (48.7 Prozent).

Der N-Gehalt des Kotes von Versuch III war 3.74 Prozent der Trockensubstanz, woraus sich für die Versuchreihe 2.977 g N berechnen, = 0.992 g N pro Tag.

Die Verbrennungswärme des Kotes war pro 1 g Trockensubstanz 3.612 Kal. = 4.919 Kal. pro 1 g organisch. Dieser Wert stimmt mit dem des Versuches II (4.915 Kal.) vollkommen überein.

Pro Periode wurden abgegeben . . . . 287.30 Kal.  
oder pro Tag . . . . . 95.73 „

### Isolierung und Analyse der Zellmembranen.

Ich habe schon eingehend erwähnt, daß es meine Absicht war, die verfitterten Substanzen, soweit sie sich unverändert im Kote befinden, wieder darzustellen. Das Verfahren habe ich schon beschrieben. Es war in den vorliegenden Versuchsreihen nicht schwierig auszuführen und lieferte die Substanzen mit allen ihren äußeren Eigenschaften so, als wären sie gar nicht

durch den Darmkanal hindurchgegangen. Es wurde sowohl der gesiebte Teil, wie der unsiebbare für sich behandelt.<sup>1</sup>

Die Summe der Zellmembranen war:

Versuch II im siebbaren . . . . .	35.40 g
im unsiebbaren . . . . .	8.04 "
	<hr/>
	= 43.44 g

Trockensubstanz pro Tag = 14.48 g organisch.

Versuch III im siebbaren . . . . .	27.65 g
im unsiebbaren . . . . .	11.75 "
	<hr/>
	= 39.40 g

Trockensubstanz pro Tag = 12.83 g organisch.

In Versuch II waren verabreicht worden täglich

20.75 g organische Substanz als Birkenholzmehl,	
III 18.3 g mit Kali extrahierte Substanz,	
somit sind von den Zellmembranen resorbiert bzw. aufgelöst	
bei Versuch II . . . . .	30.21 Prozent
„ III . . . . .	30.05 „

Demnach sind die beiden gefütterten Präparate, wie das schon die ersten Überlegungen über die Kotausscheidung zeigten, abgebaut worden.

Die Untersuchung auf Pentosen zeigte folgendes:

In den Zellhüllen von Versuch II, also dem Rest des der Verdauung unterworfenen Birkenholzmehles, waren 26.42 Prozent Pentosen; er ist also nicht mehr in seiner Zusammensetzung identisch mit dem gefütterten Material, das ja 32.7 Prozent Pentose enthielt, es hat ein einseitiger Angriff insofern stattgefunden, als relativ mehr Pentose aufgelöst worden ist.

In den Zellhüllen Versuch III waren nur 12.53 Prozent Pentosen, die ursprüngliche Probe hatte 17.2 Prozent Pentose, so daß auch hier sich also dasselbe Resultat ergibt. Wenn auch im ganzen das gefütterte Material verdaut worden sein mag, so ist doch auch sicher relativ mehr Pentose aufgelöst worden.

<sup>1</sup> Die Einzelwerte sind:

Versuch II		
gesiebter Teil 57.43 Proz. Trockensubst., unsiebbarer 65.67 Proz. Zellmembran		
Versuch III	44.67	56.46
Bei Versuch II war der Aschgehalt 0.89 Prozent,		
„ III „ „	2.31	„

Man könnte sich nun vorstellen, daß die Lösung der Pentosen aus den Pentosanen des Holzpräparates nicht sofort zur Resorption führt, daß vielmehr auch Pentosen außerhalb der Holzfasern vorkommen. Eine Verantwortung dieses Problems über das Vorhandensein gelöster Pentosen ist im vorliegenden Falle leicht zu erbringen.

In den ausgeschiedenen Zellmembranen des Birkenholzpräparates waren:

Versuch II 3.812 g Pentose	
„ III 1.666 „	„
Im Gesamtkot waren bei Versuch II	4.384 g Pentosen
in den Zellmembranen . . . . .	3.812 „
die Differenz . . . . .	= 0.572 g Pentosen

Die in den Zellmembranen vorhandenen Pentosen umfassen nicht die Gesamtmasse der im Kot ausgeschiedenen; das Nächstliegende wäre auf die Pentosen in der Rechnung zurückzugreifen, die vom gefütterten Fleisch stammen, diese sind 0.12 g pro Tag. Sie erklären die Differenz nicht, es bleiben immer noch 0.443 g Pentosen, die in dem löslichen Teile des Kotes vorhanden sein müssen.

Ein entsprechendes Resultat ergibt sich auch für den Versuch III:

Der Gesamtkot enthält	1.884 g Pentosen
in den Zellmembranen	1.666 „
die Differenz	0.218 g Pentosen

Auch in diesem Falle deckt den Pentosegehalt des Fleisches nicht die Pentosenmenge, welche nicht von den Zellmembranen herrühren kann, doch ist hier die Differenz (0.218 — 0.129 = 0.089) kleiner als in Versuch II.

### Über die Resorption der Zellulose.

Die aus dem Kot II. Versuch dargestellte Zellulose war schön weiß und enthielt 3.34 Prozent Asche. Auf Trockensubstanz berechnet, wurde folgendes gefunden: 24.53 Prozent (organ.) Zellulose, auf die Tagesauscheidung entfielen 6.07 g.

Die Zellulose war aber noch pentosenhaltig, sie enthielt 14.95 Prozent der direkt abgeschiedenen, noch aschehaltigen Zellulose, auf aschefrei gerechnet: 15.47 Prozent. Diese entsprechen an Pentosanen 13.64 Prozent als Gehalt der aschefreien Zellulose, also pentosenfreie Zellulose

24.53 Prozent
— 3.34 „
<hr/>
21.19 Prozent

für die dreitägige Reihe = 15.73 g Reinzellulose = 5.243 g pro Tag. Bei Versuch III wurde eine Zellulose mit 7.78 Prozent Asche erhalten, auf trockenen Kot berechnet 23.47 organ. Zellulose. Der Pentosegehalt war für das aschehaltige Präparat 11.55 Prozent = 12.52 Prozent auf asche-freie Substanz.

12.52 Pentosen sind = 11.04 Prozent Pentosane, demnach sind von 23.47 organ. Zellulose an Pentosamen abzuziehen 2.59 = 20.88 Prozent Gehalt des Kotes an Reinzellulose.

Demnach wurde ausgeschieden in 3 Tagen 16.61 Reinzellulose = 5.522 g Reinzellulose pro Tag.

In der Zufuhr von Versuch II waren pro Tag an aschefreier und pentosanfreier Zellulose enthalten:

8.81 g  
die Anfuhr beträgt 5.24 „

3.57 g  
Es wurde also resorbiert: 40.52 Prozent.

In der Zufuhr von Versuch III waren pro Tag an asche- und pentosan-freier Zellulose vorhanden:

8.78 g  
die Anfuhr betrug 5.52 „

3.26 g  
Es wurden also resorbiert 3.26 g oder in Prozenten 37.13.

In beiden Fällen lag genau dieselbe Zellulose vor, auch die täglich verfitterte Menge ist nur um wenig verschieden. Es ist nur ein kleiner Unterschied in der Resorptionsfähigkeit vorhanden.

In beiden Versuchen ist etwa nicht nur ein Teil der als Zellulose zusammengefaßten Substanzen, sondern sowohl von den Pentosanen wie auch von der Zellulose selbst verdaut worden, es ist das beachtenswert, da der Hundedarm gerade für die Aufnahme der Zellulose, wie der Darm des Menschen, keine günstigen Bedingungen bietet. Es ist mehr das Interesse an dem Resorptionsvorgang, das diese Zelluloseaufnahme bemerkenswert macht, als die absolute Menge der resorbierten Substanz, welche als Nah-rungsmittel so verschwindend gering erscheint.

Eine Übersicht über die Resorption in beiden Versuchen ergibt folgendes:

In Prozenten wurden aufgenommen:

	von der Zellmembran überhaupt	von den Pentosen	von der Zellulose
Versuch II	30.2	43.2	40.5
„ III	30.0	47.4	37.1

### Die Stickstoffausscheidung und der Kalorienverlust im Kote.

Die N-Ausscheidung im Kot betrug

bei reiner Fleischfütterung . . . . .	1.093 pro Tag
„ Versuch II. . . . .	0.807 „
„ „ III. . . . .	0.993 „

Die Differenzen sind sehr klein, jedenfalls zeigen sie keine Steigerung der N-Ausscheidung während der Fütterungsperiode mit Birkenmehl und dem mit Kallilange ausgezogenen Holzpräparat. Beide haben aber eine gewisse Menge N enthalten, die höchstwahrscheinlich unverändert — soweit die Zellmembranen nicht verdaut worden sind — in den Kot übergehen mußten. Doch fällt dieser Wert in die 2-Dezimale obiger Zahlen, kann also als unwesentlich außer Betracht bleiben. Jedenfalls ist vorläufig der Schluß sicher, daß keine Vermehrung von Stoffwechselprodukten, die als Mutter-substanz des Kot-N angesehen werden können, eingetreten ist. Eine weitere Klärung ergibt sich aber aus der nachfolgenden Betrachtung über die Verbrennungswärmen des Kotes.

### Die Bestimmungen der Verbrennungswärme.

Das Birkenholz, wie es zu Versuch II verwendet wurde, gab pro 1 g Trockensubstanz 4.425 kg-Kal., das mit 5 Prozent Kali ausgezogene Holz 4.280 kg-Kal.

Da bei Versuch II pro Tag 22.6 g Trockensubstanz verabreicht wurde, so waren darin enthalten  $22.6 \times 4.425 = 90.0$  kg-Kal., in Versuch III  $19.4 \times 4.28 = 83.03$  kg-Kal.

Auf aschefreie Substanz berechnet für das urspringliche Präparat 4.822 kg-Kal., für das mit Kali behandelte 4.533 kg-Kal.

Die Verbrennungswärme ist in beiden Fällen etwas höher wie die der Zellulose, bedingt durch die Beimengung von Fetten, verholzenden Substanzen (deren Kohlenstoffgehalt wesentlich höher sein kann, als der der reinen Zellulose), kleine Mengen von Eiweißstoffen usw. Die Behandlung mit Kali verringert den Brennwert.

Für die Kotsorten fand sich folgendes:

Der Fleischkot liefert 4.292 kg-Kal. (pro 1 g organisch 6.524 kg-Kal.), was mit meinen früher ausgeführten Analysen (s. Ges. des Energieverbrauchs, S. 29) gut übereinstimmt.

Der Kot bei Zugabe von 22.6 g Birkenmehl gab 4.035 kg-Kal. pro 1 g Trockensubstanz (= 4.914 kg-Kal. pro 1 g organisch).

Der Kot bei Zugabe von 19.4 mit Kali behandelten Birkenmehles zu Fleisch pro 1 g Trockensubstanz 3.612 kg-Kal. (= 4.918 kg-Kal. pro 1 g organisch).

Ein Vergleich der Kalorienwerte im Kote ergibt folgendes:

	Bei Fleisch	bei Fleisch und Birkenmehl	bei Fleisch und Birkenmehl mit Kali behandelt
pro Tag Kalorien	67.74	99.81	95.73

Nimmt man an, daß die Zellmasse, wie sie aus dem Kote dargestellt wurde, etwa dieselbe Verbrennungswärme hat, wie die Zuthr selbst, was nicht nennenswert von der Wahrheit abweichen wird, so entfallen auf die Zellmembranen 68.95 bzw. 58.16 kg-Kal., davon die obigen Werte abgezogen, bleiben 30.86 bzw. 37.57 kg-Kal. für die übrigen Kotbestandteile; es wäre aber zu erwarten gewesen, daß 67.7 kg-Kal. als Rest blieben, denn diese Größe entspricht dem „Fleischkot“ der reinen Fleischtage, man hätte vermuten sollen, daß die Kotbildung aus Fleisch zum mindesten auch bei Birkenmehlfütterung gleichheitlich weiter geht.

Hieraus folgt unweigerlich die Tatsache, daß eine Änderung der Kotbildung aus Fleisch eingetreten sein muß, und zwar findet sich in beiden Fällen eine Verringerung der Kotbildung nach der Gesamtsumme der verbrennlichen Teile beurteilt, und zwar in beiden Versuchserien, die zu einander gewissenmaßen im Verhältnis eines Kontrollversuches stehen.

Wie diese zustande kommt, ist aus dem vorliegenden Material nicht zu erweisen.

Das Ergebnis lehrt, daß man bei Untersuchungen über die Ausnutzung durch die Beifügung der zu prüfenden Substanz zu einem vorher gewählten Normalfutter, hier Fleisch, auch auf eine Veränderung der Normalfitterausnutzung gefaßt sein muß, daß also die einfache Subtraktionsrechnung — Versuchsfutter — Normalfutter ein einwandfreies Resultat nicht ergibt. Die zahlreichen Experimente, welche man also unter einfacher Beifütterung einer bestimmten Substanz zu einer sonst gleichartigen Diät angestellt hat, sind alle mit Vorsicht zu benützen, wenn man nicht analytische Mittel besitzt, um die Veränderung des Beifutters selbst quantitativ festzustellen.

Ist, wie die Versuche ergeben, eine Verminderung der normalen Kotbildung eingetreten, so hat diese aber nicht alle Kotbestandteile gleichmäßig betroffen, denn die Verbrennungswärme ging rund um die Hälfte zurück (auf 45 bis 55 Prozent), die N-Ausscheidung nur um 10 bis 26 Prozent, also weit weniger.

Die Zelluloseverdauung ist im allgemeinen heute noch ein auch für die landwirtschaftlichen Haustiere in den Einzelheiten eine sehr unstrittene Frage, deren definitive Klärung noch aussteht. Einen eingehenden literarischen Überblick gibt Lorissh.<sup>1</sup>

Was die Angabe über die Verdaulichkeit von Zellulose beim Hunde anlangt, so sprechen sich die veröffentlichten Versuche dafür aus, daß Rohfaser beim Fleischfresser überhaupt nicht verdaulich werde. So Voit und Hofmann und weiter v. Knieeriem<sup>1</sup>, der Leinwand, Gras gefüttert hat. Meine Versuche zeigen, daß die oft gehörte Behauptung, der Fleischfresser könne Rohfaser nicht verdauen, unrichtig ist. Wenn der Nachweis der teilweisen Resorption des Holzmeles aus Birke erbracht ist, kann von der generellen Unfähigkeit des Hundedarmes für die Holzfaseresorption nicht die Rede sein. Wenn man die Anschauungen von Tappeiner und Zuntz hinsichtlich der Aufschlebung der Holzfaser auf dem Wege der Sumpfgasgärung für richtig oder doch für die Lösung eines Teiles der Holzfaser für zutreffend hält, so muß man a priori auch zulassen, daß der Hund, bei dem Sumpfgasgärung im Darm beobachtet wird, auch in der Lage ist, Zellulose anzugreifen. Die Resultate meiner Versuche können also auch für die bakterielle Lösung der Zellulose mit verwertet werden. Je mehr sich aber diese Anschauung durchringt, um so wichtiger wird für die Löslichkeit der Zellulose — der Nährboden — für die Sumpfgasgärung oder ähnliche Vorgänge überhaupt. Es kommt für das Ergebnis also dann nicht nur darauf an, welche Zellulose man füttert, sondern auch darauf, in welches Nährgemenge man die gefütterte Zellulose versetzt, daher können die Ergebnisse mit derselben Substanz, die zu verschiedenen anderen Speisen zugesetzt wird, in der Zelluloseresorption schwanken, dann wäre das Studieren der Zelluloseausnutzung durch Beigabe von Zellulosepräparaten und zelluloseführenden Nahrungsmitteln, wie das oft als selbstverständlich zulässig angenommen worden ist, keinswegs einwandfrei. Meine Versuche zeigen aber auch, daß eine gewisse qualitative Bevorzugung des pentosehaltigen Anteiles der gefütterten Pentose und ein Unterschied in der Ausnutzungsfähigkeit bei dem Präparate nicht zu verkennen ist. Daher wird auch in zweiter Linie an die Möglichkeit dem Tierkörper eigener Fermente gedacht werden können, die eine vorberaende Tätigkeit oder einen spezifischen Angriff auf einzelne Teile des Stoffgemisches der pflanzlichen Zellmembran ausüben.

<sup>1</sup> *Zeitschrift für physiologische Chemie*. 1906. Bd. XLVII. S. 219.

<sup>2</sup> *Zeitschrift für Biologie*. 1885. N. F. Bd. III.