

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 Wasserdampfung. 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.



Da diese in feinen Mehlen vorkommenden Pentosen nicht an Zellhüllen gebunden sind oder wenigstens nur in sehr kleinen Mengen auf einen solchen Zellhüllengehalt zurückzuführen sind, wird man sie bestimmt — wie das Stärkemehl der aufgeführten Nahrungsmittel — als leicht resorbierbare Pentosen ansehen können, im Gegensatz zu den schwer oder nicht resorbierbaren Pentosen der Kleie und schalenhaltigen Mehlsorten.

Von Hülsen habe ich nur die Reiskleie untersucht; Die Zellmembran enthielt in 100 Teilen:

39.19 g Zellulose,
26.95 g Pentosen,
33.86 g Restsubstanzen.

Da die Leguminosenmehle so vielfach benutzt werden, auch das Ausgangsmaterial zu einer großen Anzahl von Nährpräparaten bilden, habe ich noch Erbsen-, Bohnen- und Linsenmehl untersucht. Bohnen- und Erbsenmehl unterschied sich wenig im Äußeren von Weizen- und Roggenmehl guter Ausmahlung, beim Linsenmehl waren Spuren von Schalenresten mit bloßem Auge erkennbar. Für den Gehalt an N-freien Extraktstoffen wird nach König (Bd. II, S. 839) für 100 Teile Trockensubstanz angegeben:

Erbsen . . . . . 64.45	bei 3.13 Prozent Asche
Bohnen . . . . . 65.88	„ „
Linsen . . . . . 63.74	„ 2.89

Der Pentose- und Aschegehalt meiner Proben war: für 100 Teile trocken:

	Pentose	Asche
Erbsen . . . . .	5.22	2.75
Bohnen . . . . .	8.36	4.49
Linsen . . . . .	4.92	4.31

Die Leguminosenmehle waren also im ganzen genommen ziemlich reich an Pentosen, was um so mehr ins Gewicht fällt, als ihr Gehalt an N-freien Extraktstoffen überhaupt kleiner ist als bei den Brotrüchten, Reis, Mais usw. Der Pentosengehalt war am höchsten bei meinem Bohnenmehl. Methylpentosen fanden sich nur in allergeringsten Mengen.

## Über die Ausnutzbarkeit der Zellmembranen der Kleie.

Von

Max Rubner.

I.

In den vorhergehenden Abhandlungen habe ich die Notwendigkeit auseinandergesetzt, den Begriff der Zellhüllenverdaulichkeit in die Frage der Ausnutzbarkeit pflanzlicher Nahrungsmittel aufzunehmen. Wenn mir dieser Gesichtspunkt bei der Ausführung meiner Ausnutzungsversuche (1878 bis 1880) an Vegetabilien auch keineswegs entgangen war, so fehlte es doch damals an der Möglichkeit, die hiermit verknüpften Fragen zu lösen. Manche wichtigen Zellmembranbestandteile, die man heute leicht bestimmen kann, wie die Pentosen oder Pentosane, waren ganz unbekannt, die Natur der Zellmembranen selbst in chemischer Hinsicht noch ein unbekanntes Feld.

Die Isolierung der Zellhüllen, wie sie in der vorhergehenden Untersuchung für die Kleie durchgeführt, versetzt uns in die Lage, genaue Auskunft über die Natur des verführten Nahrungsmittels zu geben und ebenso lassen sich die Methoden der Isolierung der Zellmembranen, wie sie sich für die zahlreichen Versuche mit Birkennmehl gut bewährt haben, auch auf Kot anderer Herkunft anwenden.

Somit kann man also die Beteiligung der Kleie an der Kotbildung sicherlich jetzt genau feststellen und auch die weiteren Fragen behandeln, ob die Kleie ein Reizmittel für den Darm ist, die Sekretionen stark in Anspruch nimmt und dadurch Verluste an Körperstoffen herbeiführt; bei den Birkennmehlen war ausgesprochen eine solche Rückwirkung nicht zu verzeichnen.

Eine weitere Klärung der Ausnutzungsvorgänge im Darm ist also möglich und für die Kleie wegen der großen Bedeutung für die Ernährung durch Brot dringend erwünscht, freilich an dem durch mich zuerst festgestellten Gesamtergebnis, daß die Kleie eine Quelle der geringen Ausnutzbarkeit mancher Brotsorten ist, was ja auch allseitig bestätigt werden

wird, läßt sich nichts ändern, aber die Resultate werden prägnanter und schärfer, indem sie die Rolle dieser Zellmembranen uns darlegen können.

Die meisten Ausnützungsversuche über Brot haben nur praktische Ziele verfolgt und die Förderung der Erklärungen der Vorgänge im einzelnen beiseite gelassen. Man ist deshalb auch im Laufe von Jahrzehnten über die Grenzen der ersten Feststellungen nicht hinausgekommen, die Lage würde auch dauernd die gleiche geblieben sein, wie man aus den jüngsten Veröffentlichungen auf diesem Gebiete über die Brotausnützung von Hindernisse sehen kann, der streng nach altbewährtem Muster und ohne jeden Fortschritt aussprechen zu müssen glaubt, daß das Ziel der Ausnützungsversuche durch die Kenntnis der ausgeschiedenen Kotmengen voll befriedigt werde und diese völlig verflachte Betrachtung als etwas besonders Praktisches empfiehlt. Eine derartige Rückständigkeit muß auf das Emergischste zurückgewiesen werden.

Die Bewertung der Ausnützung nach der Menge der Kottrockensubstanz ist völlig irreführend, da der Gehalt an Asche gerade bei Kotsorten wechselnd und nicht immer von der Versuchskost, sondern auch von der vorausgehenden Kost und dem Salzreichtum des Körpers abhängig sein kann.

Auch die organische Substanz für sich betrachtet kann kein genaues Bild geben, da sie sehr wechselnde Zusammensetzung besitzt und der Kot kein ausschließlicher Rest unverdauter Nahrungsmittel ist. Einzelne Bestandteile eines solchen gehen in der Ausnützbarkheit gewissermaßen ihre besonderen Wege. Wie schon oben betont wurde, sollen die Rohergebnisse eines Ausnützungsversuches nicht sich Selbstzweck sein, sondern eine weitgehende analytische Zergliederung soll eine Erklärung der Resorptionsvorgänge und die Gründe des besonderen Verhaltens eines Nahrungsmittels erbringen.

## II.

Auf die morphologischen Verhältnisse der Kleie einzugehen, erübrigt sich, da diese Seite der Frage ausreißend von den verschiedensten Autoren behandelt worden ist. Dagegen sind die Kleieschalen bis jetzt noch nicht näher in reinem Zustande, befreit von den eigentlichen Mehlteilen, untersucht worden. Die vorhergehende Abhandlung gibt über die Zahlenverhältnisse nähere Auskunft und läßt auch die Grenzen der Verteilung der Kleie auf feine Mehle und Vollkornmehle erkennen. Im nachfolgenden behandle ich nur die Bedeutung der Weizenkleie.

Für die Zusammensetzung der Kleieschalen habe ich für 100 Teile organischer Substanz

27.71 Prozent	Reinzellulose,
36.58	„ Pentosane,
35.71	„ Rest

angegeben. In diesem Rest sind aber noch Teile der Proteinsubstanzen enthalten, die sich ebensowenig wie durch einfache Verdauung durch die angewandten Chemikalien völlig entfernen lassen. Bei einem N-Gehalt von 1.48 Prozent berechnet sich ein Proteingehalt von 9.38 Prozent der organischen Substanz. Mit Rücksicht auf letzteren und nach Abzug desselben ist die Zusammensetzung dann für 100 Teile proteinfreier Substanz

29.47 Prozent	Reinzellulose,
40.48	„ Pentosane,
30.05	„ Restsubstanz.

Die Zellhüllen sind zellulosearm, aber außerordentlich reich an Pentosanen und anderen Substanzen, die als Begleiter der Zellulose auftreten.

Im Vergleich zu den bisher untersuchten Birkenpräparaten liegt in der Kleie eine Zellmembran von wesentlich anderer Zusammensetzung vor. Das weiße Birkenmehl enthielt in 100 Teilen Zellmembrane:

46.39 Prozent	Zellulose,
28.13	„ Pentosan,
25.48	„ Rest,

während ein braunes Birkenpräparat, auf das ich in einer späteren Abhandlung zu sprechen komme, nur aus Zellulose und Pentosanen bestand (bei 80 Prozent an Zellulose); die übrigen Begleitstoffe waren durch die Schleimweise dieses Präparates in lösliche Verbindungen übergeführt.

Trotz der großen Unterschiede in der Zusammensetzung war die Resorption beider Birkenpräparate nicht wesentlich verschieden und es fand sich bestätigt, was ich bereits bei den ersten Veröffentlichungen über die Resorption des Birkenholzes ausgesprochen habe, daß der morphologische Aufbau für die Resorption der Zellwände offenbar wichtiger ist, als der chemische Aufbau.

Andererseits zeigt aber eine wesentliche Verschiedenheit von Zellmembranen verschiedener Pflanzen durch die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung doch wieder an, daß die Möglichkeit verschiedener Verhaltens vorliegt. Das Entscheidende bleibt daher stets das Experiment der Verwitterung einer Substanz. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, mußte es wichtig erscheinen, die Kleie direkt auf die Verdaulichkeit zu untersuchen. Die bisherigen Experimente am Menschen bieten zur Beurteilung kein abschließendes Material. Sie lassen wohl den

nachteiligen Einfluß reichlichen Kleiezusatzes wahrnehmen und zeigen, daß vom Standpunkt der Zelluloseausnutzung betrachtet, bei den an Zellulose reichen Vollkornmehlen die letztere ein sehr ungünstiges Verhältnis der Resorption aufweist. Abgesehen von dieser Unmöglichkeit eines abschließenden Urteiles scheint es mir unerlässlich, einen Vergleich der Resorptionsfähigkeit der Kleihüllen mit anderem Material nur unter absolut vergleichbaren Bedingungen anzuführen, d. h. am Hunde selbst und unter den gleichen Ernährungsverhältnissen, also unter Fütterung mit Fleisch, da gewiß der „Nährboden“, in welchem eine solche Zellmembran der Verdauung unterworfen wird, nicht nur nicht gleichgültig ist, sondern wie sich mir allmählich mehr und mehr aufdrängte, einen recht wichtigen Faktor in der Resorption darstellt.

## III.

Leider war mein Kleievorrat, mit welchem ich die ersten analytischen Untersuchungen ausgeführt habe, erschöpft, so daß anderes Ausgangsmaterial gewählt werden mußte. Unter einigen Schwierigkeiten erhielt ich ausländisches Kleiematerial unbekannter Herkunft, das nicht sehr frisch erschien, denn es fanden sich ziemlich viele Reste von Insekten vor, wie sich bei der Reinigung des Materials ergab.

Die Vorbereitung des Materials geschah in der Weise, daß Kleie mit heißem Wasser vielfach abgewaschen und ausgepreßt wurde bis nichts mehr in Lösung ging; dann wurde Diastase zugesetzt und bei Brütwärme einen Tag stehen gelassen, wieder sorgfältig in kaltem und kochendem Wasser ausgewaschen, mit Alkohol und dann mit Äther ausgezogen. Das Ausziehen mit Chloralhydrat wurde unterlassen, da der Aufwand an Reagens vermieden werden mußte und die technische Ausführung zu schwierig schien, dafür wurde das Rohmaterial genau auf seine Löslichkeit in Chloralhydrat analytisch untersucht.

Von dem Material erhielt der Hund zu 1000 g Fleisch täglich 75 g lufttrockene Substanz, da ich für das Birkenholz bei 75 g täglicher Zufuhr das Optimum der Aufnahmefähigkeit gefunden hatte, sollte hier die gleiche Menge gefüttert werden. Der Versuch dauerte drei Tage, mit einer Abgrenzung durch Knochen fünf Tage. Das Auffälligste war, daß schon nach den ersten 24 Stunden Kot entleert wurde; dieser letztere war höchst eigenartig; er bestand aus der Kleiemasse, die schon bei der Entleerung pulverig zerfiel, unter sich also keinen festen Verband hatte, wie etwa der Birkenholzkot. Von Resten des Fleischkotes war nichts zu sehen — offenbar war er auf die ganze Masse gleichartig verteilt. Gärung und Gasbildung war nicht vorhanden, ebensowenig eine ausgeprägt saure Reak-

tion. Ähnlich wie bei der Birkenfütterung fehlte auch der sonst ausgeprägte Fäkalgeruch.

Die Zusammensetzung der verfütterten Kleie war folgende:

100 Teile Trockensubstanz enthielten:	
2.49 Prozent Asche,	
97.51 „ organische Substanz,	
41.54 „ Pentosen = 36.67 Prozent Pentosane,	
69.14 „ organische proteinfreie Zellmembran mit 31.20 g Pentosen	
= 27.54 g Pentosan,	
20.00 „ asche- und pentosanfreie Zellulose,	
5.46 „ Fett,	
2.33 „ N = 14.56 Prozent Rohprotein.	

Aus dieser Zusammensetzung läßt sich für die reine (asche- und proteinfreie) Kleiezellmembran (organisch) folgende Zusammensetzung berechnen:

100 Teile enthalten:	
28.05 Prozent Zellulose (asche- und pentosanfrei),	
39.83 „ Pentosane,	
32.12 „ Rest.	

Dieses Ergebnis stimmt mit der oben untersuchten Kleiezellmembran gut überein.

Die verfütterte Kleie enthielt pro Tag:

69.50 g Trockensubstanz,	
1.73 „ Asche,	
67.77 „ Organisches,	
28.85 „ Pentosen,	
48.05 „ organ. Zellmembran mit 21.81 g Pentosen = 18.90 g Pentosan,	
13.90 „ Zellulose,	
3.79 „ Fett,	
1.62 „ N = 10.12 g Rohprotein.	

Die Zusammensetzung des entleerten Kotes war folgende:

100 g Trockensubstanz enthielten:	
15.50 g Asche,	
84.49 „ Organisches,	
29.67 „ Pentosen = 26.20 Prozent Pentosane,	
35.26 „ Zellmembran mit 13.35 g Pentosen = 11.78 g Pentosan,	
17.04 „ asche- und pentosanfreie Zellulose,	
3.72 „ Fett,	
2.62 „ N.	

Über ein Drittel des Gesamtkotes machen die Kleihüllen aus; un-  
gemein groß ist der Pentosegehalt mit 29.7 Prozent der Trockensubstanz.

Im Kot nach Kleiefütterung mit Fleisch war pro Tag enthalten:

61.23 g	Trockensubstanz,
9.49 "	Asche,
51.74 "	Organisches,
18.17 "	Pentosen,
21.59 "	Zellmembran mit 8.29 g Pentosen = 7.32 g Pentosan,
10.43 "	asche- und pentosanfreie Zellulose,
2.28 "	Fett,
1.60 "	N.

Zum Vergleich muß mit Rücksicht auf die Resorbierbarkeit der Kleie die Kotbildung bei reiner Fleischfütterung herangezogen werden; bei 1000 g Fleisch beträgt die Ausfuhr im Kot täglich

15.47 g	Kot,
10.38 "	Organisches,
0.129 "	Pentosen,
1.093 "	N.

Vorerst will ich die Gesamtausnützung der verfütterten Kleie betrachten, wobei neben der Zellmembran natürlich auch die übrigen dieser beigemengten Stoffe zur Wirksamkeit kommen.

Die Menge der organischen Substanz, welche mit dem Kot gegenüber reiner Fleischfütterung ausgeschieden wurde, betrug im Tag in g

51.74	
— 10.38	(Fleischperiode),
41.36	

d. h. sie war auf das Fünffache gesteigert, was gewiß auch für den Hundedarm eine wesentliche Belastung darstellt. Die rasche Entleerung des Kotes, schon am ersten Tage nach der Verfütterung, zeigt die räumliche Überfüllung des Darmes.

Die N-Ausscheidung war auf 1.62 g gestiegen, während sonst bei Fleisch allein 1.09 g zur Ausscheidung kamen; es rühren also mindestens 0.53 g N von dem in der Kleie eingeführten Anteil her, und sind also als unverdaut ausgeschieden worden. Hinsichtlich der organischen Stoffe im allgemeinen läßt sich die Ausnützung am besten an der kalorimetrischen Bestimmungen beurteilen.

Die gefütterte Kleie hatte eine Verbrennungswärme von 4.509 kg-Kal.

pro 1 g Trockensubstanz, der Kot hatte eine Verbrennungswärme von 4.200 kg-Kal. pro 1 g Trockensubstanz. In den täglich entleerten 61.23 g trockenen Kotes waren also 257.16 kg-Kal enthalten, während die Verbrennungswärme des reinen Fleischkotes 67.74 kg-Kal. enthielt, somit wird durch Fütterung mit Kleie 189.42 kg-Kal. pro Tag mehr an Kalorien ausgeführt.

Die tägliche Zufuhr an Kalorien in der Kleie war (69.5 × 4.509) 313.4 kg-Kal. Daraus ergibt sich ein Verlust von 60.44 Prozent der in der Kleie gefütterten Kalorien überhaupt; ein Verlust von solcher Höhe ist zweifellos sehr bedeutend, zumal gemessen im Vergleich zu anderen Nahrungsmitteln oder dem kleiefreien Mehl überhaupt.

Man könnte versucht sein, den Verlust der Kleie mit dem Birkenmehl zu vergleichen, doch darf man nicht vergessen, daß vorläufig die reine Zellmembran nicht in ihrer Resorbierbarkeit in Frage steht, sondern das verfütterte Gemenge von Stoffen, das allerdings zum größten Teil aus Zellmembran bestand. Mit diesem rechnerischen Ergebnis ist das Gesamtergebnis zusammengefaßt, wie es für die Bewertung solcher Kleie für die Volkersnahrung etwa zutreffend ist; mehr Gewinn als das errechnete kommt uns nicht zugute.

Es ist aber noch nicht erwiesen, wie der Verlust im einzelnen zustande kommt, denn es wäre denkbar, daß die Menge des Fleischkotes durch Darmreiz gesteigert worden ist, wodurch die Vergleichszahl für die Fleischkotalorien nicht 67 kg-Kal., sondern eine höhere gewesen sein könnte, die Möglichkeit einer Minderung der Kotbildung kann ich außer Betracht lassen. Das praktische Ergebnis bleibt dann zwar ungeändert, die Beurteilung der Nahrungswirkung wäre aber eine andere, die Resorbierbarkeit der Kleiezellmembran wäre größer, der Verlust geringer, dafür jener der Bestandteile der Fleischverdauung gesteigert.

Die Entscheidung in dem einen oder anderen Sinne ist gesundheitlich nicht ohne Bedeutung, sie läßt sich sehr einfach durch folgende Überlegungen bringen.

Im Kot war 21.59 g Zellmembran enthalten. Wenn diese in ihrer Verbrennungswärme mit der eingeführten Kleie annähernd übereinstimmt (4.624 Kalorien pro 1 g organisch<sup>1)</sup>, so treffen auf die Zellmembran 99.83 kg-Kal. Außerdem rührt mindestens ein Teil des Ätherextraktes von den unverdauten Zellmembranen her, ferner etwas Protein, etwa (3.15 g) und außerdem noch jener Anteil an Pentosen, der nicht in der

<sup>1</sup> Die organische Substanz des Kotes liefert 4.635 kg-Kal. pro 1 g, zwischen der Einfuhr und Ausfuhr ist in kalorimetrischer Hinsicht so gut wie kein Unterschied. Ich habe daher verzichtet, die Hülsen aus Kot direkt auf die Verbrennungswärme zu untersuchen.

Zellmembran enthalten ist (9.88 g). Schätzt man diese anderweitigen Verluste, so erhält man

für das unverdaute Protein (3.15 × 5.8) . . . . .	18.2 kg-Kal.
für das 2.28 g Fett (× 9.3) . . . . .	21.2 "
für die Pentosen als Xylose berechnet (9.88 × 3.746) . . . . .	37.0 "
	<hr/>
	76.4 kg-Kal.
in Zellmembran + 99.8	"
Summe:	176.62 kg-Kal.

Für die Mehrung der Verbrennungswärme des Kotes nach Kleiezufuhr wurde nach der direkten Bestimmung 189.4 kg-Kal. gefunden.

Somit stimmen Schätzung und direkte Berechnung so weit, daß man behaupten darf, durch die Beimengung der Kleie ist eine Störung der durchschnittlichen Kotbildung aus dem verfütterten Fleisch kaum eingetreten oder sie bewegt sich doch innerhalb sehr enger Grenzen, indem die Steigerung obige Differenz (189.4 — 176.2) 13.2 kg-Kal. vielleicht etwas überschreitet. Der letztere Wert muß zur Beurteilung mit dem Kalorienwert des Fleischkotes 67.7 in Beziehung gesetzt werden. Jedemfalls kann man sagen, daß ein sicherer Beweis für eine nennenswerte Zunahme der mittleren Fleischkotbildung nicht vorliegt; dies Ergebnis steht auch im Einklang mit meinen früheren Beobachtungen über die Ernährung des Menschen mit Weizenbrot aus Vollkornmehl.

Dies Resultat stimmt also im ganzen sehr gut zu der Vorstellung, die ich auf Grund anderer Ergebnisse meiner früheren Ansitzungsversuche immer vertreten habe, nur können wir es jetzt mit größerer Bestimmtheit aussprechen. Völlig unverdaulich sind die Bestandteile der eigentlichen Zellmembran der Kleie nicht, ihr Nutzeffekt ist aber selbst unter den günstigen Bedingungen, die in diesen Tierexperiment gegeben waren, gering. Die Beigabe von Kleiezellmembranen zu Fleisch überschritt das Verhältnis, das ich für die günstige Resorption bei Birkenmehl festgestellt hatte, nicht. Auf 1014.6 kg-Kal. in dem zugeführten Fleisch trafen 313.4 kg-Kal. Zufuhr als Kleie. Von 1328 Gesamtkalorien waren 313.4 Kleiekalorien = 23.59 Prozent; der Nutzeffekt betrug (313.4 — 189.4) = 124.0 kg-Kal., was auf den täglichen Bedarf des Tieres berechnet (1014.6 kg-Kal.), nur 12.3 Prozent ausmacht. Nach den Versuchen an Birkenmehl und der starken Kotbildung bei der Kleiefütterung beurteilt, wird man durch Steigerung der abschluten Zufuhr kaum einen höheren prozentigen Nutzeffekt erzielen können. Versuche an Wiederkäuern mit Fütterung reiner Kleie auszuführen, war ich nicht in der Lage, möglicherweise ist deren Resorptionsvermögen erheblich größer.

Unter der Annahme, daß bei Kleiezellmembranfütterung nicht mehr Kotstickstoff aus Fleisch gebildet wurde, wie bei reiner Fleischfütterung, sind von 1.62 g N, die in Kleie vorhanden waren, 1.60 — 1.09 = 0.53 g Kleie-N zu Verlust gegangen = 31.8 Prozent; wie angenommen werden kann, wird der resorbierte N solches N-haltiges Material, das nicht endozellular liegt, umfaßt haben.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Verluste jener Stoffe, die als eigentliche Bestandteile der Zellmembran betrachtet werden können (die Gesamtpentose ausgenommen).

Der Prozentverlust ist folgender gewesen:

an Pentosen überhaupt . . . . .	69.46 Prozent
Zellmembran . . . . .	44.72 "
Pentosen in der Zellmembran . . . . .	38.73 "
Zellulose . . . . .	75.04 "

Das Ergebnis ist nach verschiedenen Richtungen hin von wesentlichem Interesse. Die eigentliche Kleiezellmembran ist viel besser resorbierbar als das Birkenholz, etwas mehr als die Hälfte wird resorbiert. Von den Bestandteilen der Zellmembran ist die Zellulose aber schlecht resorbierbar, schlechter sogar als jene des Birkenholzes, während die Pentosane der Zellmembran etwas besser aufgenommen werden, als die Gesamtmasse der Zellmembran. Was oben als Restsubstanz bezeichnet wurde, muß gut resorbierbar sein, denn sonst könnte bei der mangelhaften Resorption der Zellulose nicht ein günstiger Wert der Zellmembranresorption überhaupt zustande kommen. Während bei dem Birkenholz die im Kote hinterbleibende Zellmembran keine sehr wesentlichen Unterschiede im Vergleich mit der gefütterten Zellmembran zeigte, und nur eine etwas bessere Resorption der Pentosane ergab, muß hier die im Kot hinterbleibende Zellmembranmasse eine erhebliche Abweichung vom „Fütter“ gehabt haben. Dies läßt sich am besten dartun, wenn man die aus dem Kote dargestellte Membran nach Kleiefütterung mit der Zufuhr vergleicht. Es findet sich für 100 Teile organische Zellmembran:

	in der Zufuhr	im Kot
Zellulose	28.05 Prozent	49.29 Prozent
Pentosane	39.83 "	33.98 "
Rest	32.13 "	17.72 "

Die einzelnen Bestandteile der Zellwand werden also in sehr verschiedener Weise angegriffen, ein erheblicher Teil verschwindet im Darm, doch hält sich die Zellulose besser den lösenden Kräften gegenüber wie der andere Teil der Zellmembran. Da die Zellulose aber die eigentliche Grundsubstanz der Zellen darstellt, so ist dieser Umstand doch bemerkenswert;

die Zellen verlieren nur teilweise die Stoffe, die sich mit dem Alter der Zellen allmählich anlagern. Durch die schwere Löslichkeit der Zellulose werden wohl auch die Klebereiweißstoffe hinsichtlich ihrer Löslichkeit behindert. Die gefütterte Kleie hat in der Zellmembran 13.55 Prozent Rohprotein und die aus dem Kot dargestellte auch denselben Wert 13.55 Prozent. Zur Resorption gelangt nur jener Teil des N, der wahrscheinlich durch Zertümmern der Zellen überhaupt frei geworden war. Das Resultat ist also die beste Bestätigung der von mir aus meinen älteren Versuchen am Menschen abgeleiteten Vorstellung der Undurchgängigkeit der Kleihüllen für die Verdauungssäfte.

Die Veränderung der Zusammensetzung der Zellmembran lehrt uns, daß die besondere morphologische Lagerung der einzelnen Stoffe der Resorption bestimmte Wege weist, offenbar sind jene Stoffe, welche die Restsubstanz bilden, von dem Zellulosegerüste losgelöst worden.

Schon bei den Birkenversuchen konnte ich dartun, daß die Pentosane, auch wenn sie gelöst werden, nicht sofort zur Resorption gelangen. Im Birkenkot war nicht die Gesamtheit der Pentosen an die Zellmembranen gebunden. Auch bei der Kleie verhält es sich ebenso. Nur ist außerdem bemerkenswert, daß hier die Pentosen überhaupt langsam zur Resorption kamen, denn die Pentosen in ihrer Gesamtheit waren schlecht resorbiert, obschon die Herausschälung von Pentosen aus der Zellmembran deutlich nachzuweisen ist.

Man ersieht diese Verhältnisse ohne weiteres aus der Tabelle (S. 139). Im Kot waren 18.17 g Gesamtpentosen vorhanden, in der dargestellten Zellmembran aber nur 8.29 g, also noch nicht die Hälfte, es bleibt also nur der Schluß übrig, daß pentosehaltige Substanzen sich abgetrennt haben, welche nicht resorbierbar waren. Auch in der gefütterten Kleie waren solche Stoffe nachweisbar, denn erstere enthielt 41.54 Prozent Pentosen, während nur 31.2 Prozent in der Zellmembran enthalten waren oder in absoluter Zahl der Zufuhr (28.85—21.81) 9.00 g. Dieser Wert stimmt fast vollkommen mit jener im Kot gefundenen Differenz zusammen (18.17—8.29) = 9.88 g, es hat also den Anschein, als seien in der Kleie pentosoleifernde Stoffe vorhanden, die zwar in die Lösungsmittel übergehen, im Darm aber nicht aufgenommen werden.

An allen Versuchstagen wurde der Harn auf Pentosen untersucht. Die Menge des Furfurols auf Pentosen berechnet, ergab als tägliche Ausscheidung 0.190 g, das ist im Verhältnis zu der Zufuhr und Resorption der Pentosen der Kleie eine ganz verschwindende Menge.

## Der Kot nach gemischter Kost und sein Gehalt an pflanzlichen Zellmembranen.

Von

Max Rubner.

Mit dem Zeitpunkt der sogenannten Brotverordnungen mit Beginn 1915 wurde auch das Interesse auf dieses Nahrungsmittel gelenkt und wenn schon im Herbst 1914 die Brotherstellung manchmal Mängel zeigte, so war das doch in ganz hervorragendem Maße in jener Periode der Fall, als die Brotkarte zur Anwendung kam, d. h. die Einsicht allgemein wurde, daß gespart werden müsse und die Ausmahlung etwas stärker wurde.

Diese sind vielfach, sowohl bei dem eigentlichen Laibbrot, wie bei dem kleinen Gebäck hervorgetreten und jedenfalls nur zum Teil auf die Zugabe von Kartoffeln zurückzuführen gewesen, jedenfalls sind sie auch späterhin nicht ganz behoben worden, was auf den Mangel an geeigneter Backtechnik hinweist. Ganz zweifellos zeigte sich in weiter Verbreitung ein belästigendes Gurren in den Därmen und im allgemeinen eine starke Vermehrung der Darmgase, ohne daß es aber zu dünnen Stühlen zu kommen brauchte. Dünne wasserreiche Stühle treten hauptsächlich zugleich mit Gasbildung, Butter- und Essigsäurebildung bei dem mit Sauerteig hergestellten Brote auf. Dieser Zusammenhang war aber meist nicht gegeben.

Ich habe oft festgestellt, daß der Trockengehalt des Kotes sogar ein recht hoher war — 19 bis 22 Prozent, der bei der starken inneren Reibung der pflanzenfaserhaltigen Masse zur Entleerung eine stärkere Bauchpresse nötig macht.

Man konnte sich dem Eindruck nicht entziehen, daß das Brot besonders in der ersten Zeit der hier in Frage stehenden Periode ein abnormes Verhalten zeigte, das durch die Ausmahlung auf 80 Prozent unmöglich bedingt sein konnte. Es war mir daher die Vermutung, daß die Quelle der Störungen in dem Mehl selbst liegen müsse, sehr wahrscheinlich geworden, daher mußte der Gedanke nahe liegen, daß das Mehl in gewinnbringender Absicht fremde Zusätze erhalten haben müsse. Ich war der