

Nährwert des durch Alkali aufgeschlossenen Strohes beim Hunde.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Zu den Bemühungen, welche auf künstlichem Wege sonst schwer verdauliche pflanzliche Nahrung in eine leichter verdauliche Form überführen wollen, gehört die Behandlung von Raufutter oder Stroh mit Alkali bei hoher Temperatur mit oder ohne Steigerung des Atmosphärendrucks. Es eignen sich dazu Stoffe, die von Haus aus weder Stärke, Zucker oder N-haltige Nährstoffe in erheblichen Mengen enthalten. Dahin kann man in erster Linie das Stroh der verschiedenen Bodenfrüchte rechnen, zwar wird ihm ein erheblicher Teil von „N-freiem Extrakt“ in den Analysen zugeschrieben, tatsächlich macht, wie besonders auch die nachfolgenden Untersuchungen zeigen, die Zellmembran den größten Teil dieser N-freien Extrakte aus.

Die Aufschließung von Stroh mit Natron oder Kalilauge in der Wärme ist eine Behandlung, welche schon vor dem Kriege bekannt war. Besonders hat Lehmann in Göttingen sich mit derartigen Produkten für Fütterungszwecke bei Pflanzenfressern beschäftigt. Anfänglich wurde das Material wie es war, ohne Auswaschen der Lauge verfüttert, wobei sich gelegentlich Nachteile gezeigt haben sollen, dann ist man zum Auswaschen des Strohes übergegangen. Das allgemeine Ergebnis läßt sich nach Versuchen von Lehmann, Fingerling, Zuntz dahin zusammenfassen, daß solches Stroh mit einem Nutzeffekt bis 90 Prozent verdaut werden kann, wodurch der Vorteil entsteht, daß für geeignete Tiere eine erheblich größere Masse als von Rohstroh verfüttert werden darf. Für Rindvieh, Pferde ist solches aufgeschlossene Stroh ein gutes Futter, ein Kohlehydrat; unbrauchbar ist es für Schweine, deren einfacher gebauter Darmkanal sich für hochwertige Ausnützung nicht eignet. Bei der großen Schwierigkeit, die sich

jetzt auch für die Erhaltung von Versuchstieren ergeben, konnte es von Wichtigkeit sein, ein Ersatzfutter für Hunde zu erhalten, es schien mir deshalb schon von diesem Gesichtspunkte aus wünschenswert, einen Versuch am Fleischfresser anzustellen. Ein prinzipielles Bedenken besteht ja nicht mehr, seitdem ich gezeigt habe, daß der Hund in seinem Darm viele Arten von Zellmembranen nicht allzu schlecht, manche sogar weitgehend verwertet.

Die rein wissenschaftlichen Fragen konnten aber auch Interesse erwecken, da die Verwendung des aufgeschlossenen Strohes mehr auf rein praktischer Grundlage aufgebaut wurde; der nähere Vorgang der Verdaulichkeit bei diesem veränderten Stroh, ja, seine nähere Zusammensetzung ist bisher nicht geprüft worden, da man sich wesentlich auf Rohfaserbestimmungen in der Einnahme und Ausgabe beschränkt hat. Es mußte von Wichtigkeit sein, die Gesichtspunkte und Methoden, die von mir neuerdings für Fragen dieser Art Verwendung gefunden hatten, auch hier in Anwendung zu bringen.

Dem Prinzip nach wären bei dem Studium der Aufschließung des Strohes oder ähnlicher Produkte eine Reihe von Zubereitungsarten und Verwendungsarten zu prüfen. Grundsätzlich verschieden sind sicher alle Präparate, je nachdem man das Material nach der Alkalibehandlung auswäscht oder nicht. Ist letzteres der Fall, so besteht das Nährende aus Gelöstem und Ungelöstem, im ersten hinterbleibt — wenigstens nach üblicher Annahme — nur Ungelöstes. Die Verdaulichkeit von Präparaten so verschiedener Zusammensetzung müßte selbstverständlich sehr ungleich sein.

Da man aber wegen der Gefahr, welche stark alkalische Flüssigkeiten und Substanzen für den Darmkanal haben, auf die Verwendung solcher Präparate verzichtet hat, bleibt für die weitere Betrachtung nur das ausgewaschene Material verschiedener Herstellung Objekt der Untersuchung.

Vorversuche mit Stroh, das durch Kochen mit Natron aufgeschlossen war.

Das erste Material stammte aus D., es war Strohhäcksel, das nach dem Alkaliverfahren zubereitet war. Die näheren Versuchsbedingungen der Zubereitung sind nicht mitgeteilt worden (Dez. 1916). Das feuchte Material wurde von mir in dem Faustschen Apparat getrocknet und in einer elektrisch betriebenen Laboratoriumsmühle gründlich zu mehrlartiger Beschaffenheit zerkleinert. Von diesem Pulver erhält der Hund 3 Tage je 70 g lufttrocken zu je 1000 g Fleisch zugesetzt. Die Entleerungen waren sehr umfangreich, aber fest.

Es wird notwendig sein, zunächst einen Überblick über die Zusammensetzung von Stroh überhaupt zu geben, damit man von vornherein ein Maß für die Veränderungen erhält, die sich bei der Natronbehandlung vollziehen. Ich benützte dazu eine Analyse, die später in Zusammenhang mit systematischen Versuchen der Aufschließung besondere Verwendung finden soll.

In 100 Teilen Trockensubstanz sind bei Winterhalmstroh (nach Angaben des landwirtschaftlichen Kalenders):

N	0.48
Fett	1.4
N-freie Extrakte	40.3
Rohfaser	49.2

Nach meiner Untersuchung enthält Strohhäcksel in 100 Teilen:

Asche	4.32
Organisch	95.68
N	0.54 (3.37 Rohprotein)
Pentosan	26.43
Zellmembran	77.32
darin Zellulose	35.20
,, Pentosan	22.35
,, Rest	19.77
Rohfett	(1.51)
Verbrennungswärme	448.6

Die eingehende Analyse zeigt uns ein ziemlich kompliziertes Bild des Aufbaues des Strohes, vor allem schrumpfen die bisher üblichen N-freien Extrakte von 40.3 Prozent auf 13.5 Prozent zusammen und zwar sind letztere die von Wasser und anderen Lösungsmitteln (Alkohol, Chloralhydrat) aufnehmbaren Anteile; also offenbar Reste verschiedener Substanzen, die sich noch in den Strohzellen befinden. Die größte Masse des Strohes besteht aus der Zellmembran, die sich aus Zellulose, Pentosanen und einem Rest nicht weiter bestimmbarer Verbindungen, wohl Hemi-zellulosen, Lignine usw. zusammensetzt. Vom Pentosan sind 84.6 Prozent in der Zellmembran, mit der Zellulose und ihren übrigen Bestandteilen innig verbunden.

Von der Zellmembran selbst sind in 100 Teilen:

Zellulose	45.6
Pentosan	28.9
Rest	25.49

Etwa $\frac{1}{4}$ aller Substanzen läßt sich vorläufig in die besonderen Bestandteile noch nicht scheiden; die Gruppe dieser Stoffe hat, wie ich aus anderen Untersuchungen entnehme, eine höhere Verbrennungswärme wie Zellulose und Pentosane.

In vielen Richtungen erinnert die Zusammensetzung des Strohes an jene des Holzes überhaupt.

Nach dieser Darlegung kann an die Besprechung der Versuchsergebnisse am Hund, die in nachstehender Tabelle zusammengefaßt sind, herantreten werden.

	In 100 Teilen aufgeschlossenen Strohes sind:	In 70 g lufttrocken = 67.13 g trocken:
Asche	3.28	2.19
Organisch	96.72	64.90
N	0.18 (1.12 Rohprot.)	0.12
Pentosan	31.80	21.33
Zellmembran	80.00	53.65
Zellulose der Zellm.	53.70	36.02
Pentosan	21.55	14.45
Restsubstanz	4.75	3.18
Fett	1.15	0.77
Kalorien	438.2	294.0

In 100 Teilen Zellmembran sind:	
Zellulose	67.12
Pentosan	26.94
Restsubstanz	5.94

	In 100 Teilen Kot sind:	In 90.45 Trockenkot sind:
Asche	26.86	24.27
Organisch	73.14	66.13
N	1.66	1.50
Pentosan	14.29	12.92
Zellmembran	41.34	37.37
Zellulose der Zellm.	26.79	24.21
Pentosan	12.65	11.43
Restsubstanz	1.90	1.73
Fett	1.64	1.50
Kalorien	318.8	288.2

In 100 Teilen Zellmembran sind:	
Zellulose	64.80
Pentosan	30.63
Rest	4.57

Die Zusammensetzung des aufgeschlossenen Strohes kann nicht mit der Strohzusammensetzung Zahl für Zahl verglichen werden, weil ja das eigentliche Ausgangsmaterial nicht untersucht worden ist. Man erkennt aber die Gesamtwirkung der Natronaufschließung recht gut. Zunächst haben wir wieder „lösliche Substanzen“ 14·45 Prozent, dies sind aber nicht die ursprünglichen des Strohes, sondern die unausgewaschenen Reste der Aufschließungsprodukte, außerdem sehen wir die Zellmembran verändert, sie hat die Gruppe von Stoffen größtenteils eingebüßt, welche das Lignin enthielten, die Verbrennungswärme ist gesunken. In der Zellmembran überwiegt jetzt stark die Zellulose. Sie ist entweder gar nicht oder nur unbedeutend in der Menge, vielleicht nicht einmal in ihrer Verdaulichkeit beeinflusst. Darüber hat eben der Versuch zu entscheiden.

Nach den über das Verfahren bekannt gewordenen Nachrichten geht bei der Behandlung des Strohes durch Kochen mit Lauge nahezu die Hälfte der organischen Substanz in Lösung. Man beabsichtigte damals, durch Eindampfen der Laugen eine Wiedergewinnung der Soda zu erzielen; wenn dies nicht möglich wäre, sollen die Laugen als Abwasser in die Flußläufe gelassen werden oder das eingedickte Material konnte auch, der trocknen Destillation unterworfen, auf Aceton, Methylalkohol, Schmieröl usw. verarbeitet werden. Hier interessiert, daß das Produkt zur Ernährung nur etwas mehr als die Hälfte des Ausgangsmaterials darstellt.

Der Kot besteht zu $\frac{4}{10}$ aus Zellmembran, die Pentosane sind nahezu ausschließlich in dieser vorhanden, nur ein kleiner Teil von Restsubstanz (Lignine usw.) findet sich noch vor. Der Rest des Kotes besteht aus Stoffwechselprodukten.

Vergleicht man die Ein- und Ausfuhr der Zellmembranen, so hat man:

Verlust an Pentosan überhaupt . . .	60·6	Prozent
.. .. Zellmembran	69·65	..
.. .. Zellulose	67·20	..
.. .. Pentosan der Zellmembran	79·10	..
.. .. Restsubstanz	54·40	..
an freien Pentosanen	21·66	..

Die Zellmembran des mit Natron behandelten Strohes ist also für den Hundedarm verdaulich, aber nicht in höherem Grade als etwa Birkenholzmehl — ohne weitere Zubereitung —, die Pentosane der Zellmembran sind etwas schlechter resorbierbar als diese selbst im ganzen betrachtet, die freien, nicht an Zellmembran gebundenen Pentosane scheinen schlecht resorbiert zu werden, daher ist es wahrscheinlich richtiger, die freien Pentosane im Kot als Abkömmlinge der verdauten Zellmembran und ihrer

Pentosane anzusehen, die also erst bei dem Einsetzen der Zelluloseverdauung entstehen, dann ungelöst im Dickdarm bleiben.

Außer der Zellmembran und den anderweitig bestimmten Substanzen findet sich im Strohmehl nur wenig anderes. Wir haben:

Organisches	96·7	Teile
Zellmembran	80·00	Teile
Pentosan frei	11·6	„
N-Substanz	1·1	„
Fett	1·1	„ = 93·8 Teile
	bleiben	2·9 Teile

Als „lösliche“ Substanz wird man nur die 11·6 g Pentosan + 2·9 Teile nicht näher zu definierenden Zwischenprodukte der Strohaufschließung ansehen können = 14·5 Prozent, wovon also 80·5 Prozent Pentosan sind. Damit soll nichts weiter gesagt sein, als daß die Furfurol liefernden Stoffe in den angegebenen Verhältnissen sich finden. Der lösliche Anteil wird unzweifelhaft leichter verdaut wie die Zellmembran.

Aufgenommen wurde	294·0	Kal.
im ganzen im Kot abgegeben . . .	288·2	Kal.
auf Fleischkot trifft	67·7	„ = 220·5 Kal.

welche als Gesamtverlust der Zufuhr anzusehen sind = 74·9 Prozent Verlust.

Wie groß die Menge der Stoffwechselprodukte in diesem Falle ist, läßt sich in folgender Weise berechnen:

in Kot wurden entleert	288·2	Kal. p. Tg.
für 37·37 g Zellmembran à 4·2 Kal. ¹	161·3	
an freiem Pentosan 1·5 × 3·9	5·8	
aus Prot. in der Zellmembr. 3·6 × 5·8	21·0	= 188·1 ..
		bleibt: 100·1 Kal. p. Tg.

Der normale Fleischkot soll nur 67·7 Kalorien liefern, es ist also ein Überschuß vorhanden, der auf Kosten der gefütterten Substanz entfällt = 32·4 Kalorien per Tag.

Eine Mehrung der N-Ausscheidung im Kote ist nicht zu erweisen. Die aus dem Kot dargestellte Zellmembran enthielt etwa eben soviel N wie das verfütterte Material pro Tag 0·58 g N. Dieser Wert von der Gesamt-N-Ausscheidung 1·50 abgezogen, bleibt 0·92 g N, was der durchschnittlich bei Fleischfütterung kommenden N-Ausscheidung im Kot der Hunde annähernd entspricht. Würde man das aufgeschlossene Stroh für sich allein

¹ Nach späteren Untersuchungen von aufgeschlossenem Stroh.

füttern können, so würde der Ausnutzungseffekt geringer werden, wie oben angegeben, weil dort die dabei auftretenden Stoffwechselprodukte in ihrer Gesamtheit auf den Nährwert des Strohes zu verrechnen wären.

Die ganze Menge der vom Hunde resorbierten Kalorien beträgt für den Tag $294 - 220 = 74$ Kalorien, was rund 7.4 Prozent des gesamten Stoffwechsels des Versuchstieres ausmachen würde, vorausgesetzt, daß die bei der bakteriellen Aufschließung der Zellmembran freiwerdenden Produkte restlos dem Stoffwechsel dienen, was sicher nicht der Fall ist. Auch bei dieser maximalsten Leistung stellt also aufgeschlossenes Stroh für den Hund kein Nahrungsmittel von Bedeutung dar.

Im Anschluß an diese Vorversuche wurden im Sommer 1917 nach mannigfachen anderen Vorarbeiten die Experimente nochmals aufgenommen, um unter möglichst vergleichbaren Verhältnissen die Wirkung der sogenannten Aufschließung nach verschiedenen Methoden, wie sie in der Praxis eingeführt worden sind, in ihrem Erfolg auf die Verdaulichkeit der Produkte zu untersuchen.

Ausgegangen wurde von der Untersuchung des verwendeten Strohhäcksels und damit verglichen ein Präparat, das unter Druck und ein zweites, das in nicht geschlossenen Gefäßen, mit derselben Konzentration von Alkali aufgeschlossen war.

Da auch die Fabrikation überwacht war, so läßt sich auch die Ausbeute an aufgeschlossenem Stroh zu weiteren Schlüssen mit verwerten.

Vergleichende Reihe.

I. Gepulvertes Stroh.

Das in Häckselform gelieferte Stroh wurde in einer elektrisch betriebenen Laboratoriumsmühle zu einem feinen Pulver zermahlen, und diente unter der Bezeichnung Urstroh zu den nachstehend berichteten Versuchen. Der Hund erhielt neben 1000 g Fleisch je 70 g der lufttrockenen Masse, beides innig gemischt.

Diese Menge wurde gewählt, weil in Versuchen mit Birkenholz genauer erwiesen wurde, daß 70 bis 75 g Zellmembranen das Optimum der Ausnützung bei meinem Tiere darstellt. Die Kotbildung war außerordentlich gesteigert, der Kot aber nicht zusammenbackend, sondern locker und erdig. Über die Zusammensetzung der Ein- und Ausfuhr geben nachfolgende Tabellen Aufschluß.

	In 100 Teilen	In 66.22 g pro Tag
Asche	4.32	2.87
Organisch	95.68	63.35

	In 100 Teilen	In 66.22 g pro Tag
N	0.54 (3.37 Rohprotein)	0.37
Pentosan	26.43	17.49
Zellmembran	77.32	51.20
Pentosan der Zellm.	22.35	14.79
Zellulose	35.20	23.30
Rest	19.77	13.11
Fett	(1.51)	0.99
Verbrennungswärme	448.6	297.0
löslich	13.46	9.93
mit Pentosan	4.18 = (31.05 Prozent Pentosan)	

	In 100 Teilen Kot	In 64.1 g pro Tag
Asche	10.55	6.76
Organisch	89.45	57.24
N	2.49	1.59
Pentosan	20.28	13.00
Zellmembran	48.77	31.26
Zellulose der Zellm.	26.13	16.75
Pentosan	20.51	13.15
Rest	2.13	1.36
Verbrennungswärme	423.4	271.4

Zur Darstellung der Zellmembran wurde wie üblich verfahren, zuerst, um die Verhältnisse zur Behandlung des Kotes gleich zu machen mit schwach saurem Alkohol extrahiert, dann getrocknet, mit Wasser in der Wärme extrahiert, mit Alkohol entwässert, der Alkohol mit Äther entfernt, wieder getrocknet, 24 Stunden in der Kälte mit konzentriertem Chloralhydrat stehen gelassen, $\frac{1}{2}$ Stunde gekocht und heiß nachgewaschen, mit Äther und Alkohol behandelt. Ich hebe dies besonders hervor, weil sich bei diesem Verfahren zeigt, daß eine nicht unerhebliche Menge von löslichen Produkten abgeschieden werden kann, die Zellmembran macht 77.32 Prozent der Trockensubstanz aus, zu den löslichen Produkten gehört auch etwas Pentosan (26.43 - 22.35) 4.08 g.

Ein Teil des N ist unlöslich = 0.32 g, er bleibt mit der Zellmembran fest verbunden. 82.2¹ Teile sind unlöslich, daher (95.68 - 82.2) 13.46 Teile organisch löslich.

1	77.32 Zellmembran
	1.51 Fett
	3.37 Protein
	82.2

Der Kot war reich an Pentosan, bestand überhaupt fast aus der Hälfte, d. h. zu 48·77 Prozent aus Zellmembran. Mit dieser waren 0·69 N ausgeschieden worden, etwas mehr als die Zellmembran von Anfang an enthalten hatte, so daß sich Bestandteile des Fleischkotes fest eingelagert haben müssen (= 0·69 — 0·32) 0·37 g N entsprechend.

Nimmt man die Gesamtausnützung in Kalorien ausgedrückt, so hat man 297·0 Kalorien als Zufuhr und 271·4 Kalorien als Ausfuhr, wovon 67·7 mindestens als Fleischkot abgehen = 203·7 Kalorien als Verlust = 68·58 Prozent. Der Verlust betrifft die Zellmembranen, wie die löslichen Produkte. Die Verluste der Zellmembran lassen sich nach den Analysen kurz nachstehend angeben:

Zellmembran im ganzen	61·05 Prozent
Zellulose der Zellmembran	74·46 ..
Pentosan ,,	86·64 ..
Restsubstanz ,,	10·37 ..

Die Zellmembran ist also nicht unerheblich auflösbar, wobei wie immer die Zellulose etwas ungünstig abschneidet. Die Pentosane gehen schwer in Lösung, auffallend gut aber die Restsubstanzen, deren Natur wir zurzeit nicht näher bezeichnen können. Im Kot sind nur mehr Pentosane der Zellmembran vorhanden.

Was die löslichen Produkte anlangt, so läßt sich darüber folgendes sagen: 1 g organische Zellmembran inkl. des N-Anteiles hatte 4·497 Kalorien.

Zellmembran + Rohprotein machen 80·69 Teile aus, und entsprechen (80·7 × 4·497) 361·2 Kalorien.

Das Urstroh hatte	448·6 Kalorien
in obigem Unlöslichen	361·2 ..
	<u>Rest 87·4 Kalorien</u>
ab für 1·51 Fett	14·0 ..

63·4 Kalorien bleiben für den löslichen Rest des Urstrohes = 13·48 Teile.

1 g dieser organischen Substanz liefert 4·703 Kalorien, also mehr wie reine Zellulose, was auf die Beimengung von Lignin bezogen werden mag. Der Wasserextrakt und der Alkoholextrakt aus dem Stroh sind von grüngelber Farbe. Ersterer löst etwas Kupferoxydhydrat in alkalischer Lösung, gibt aber keine Fällung von Kupferoxydul beim Erhitzen, wird mit Phloroglucinsalzsäure in der Kälte rot, blaßt ab, um beim Erhitzen wieder gelbrot zu werden. Mit 0·5 Prozent Salzsäure bei längerem Kochen gibt der Wasserauszug deutlich unter Fällung eines Niederschlages Zucker, der die Trommersche Probe liefert.

Von den löslichen Substanzen gehen furfurolbildende Anteile in den Harn über.

Am 1. Tag	0 g Pentosan
.. 2.	0·20 g ..
.. 3. ,,	0·19 g ..
Knochentag	0 ..

Im Kot wurden täglich ausgeschieden	271·4 Kal.
davon gehen ab für die unlösliche Zellmembran inkl. Protein	201·7 ..
	<u>bleiben 69·7 Kal.</u>
im normalen Fleischkot sind enthalten	67·7 ..
	<u>Überschuß: 2·0 Kal.</u>

Eine nennenswerte Mehrung der N-Ausscheidung im Kot über das Maß der N-Ausscheidung nach reiner Fleischkost ist nicht nachzuweisen. Die N-Menge pro Tag im Kot beträgt 1·59 g N, außerdem wurde gefunden 0·32 g N in der Zellmembran, verbleiben also 1·27 g N, während bei reiner Fleischkost 1·03 g N im Mittel abgegeben werden. Man kann daher annehmen, daß die oben aufgeführten löslichen Stoffe des Urstrohes ohne Rest zur Resorption gelangt sind, durch diesen Umstand wird die Gesamtausnützung natürlich etwas günstiger, als ohne die Beimischung solcher löslichen Substanzen.

Die Verdaulichkeit des Strohes hat offenbar, was die eigentliche Zellmasse anlangt, große Ähnlichkeit mit dem Spelzmehl; zum Vergleich seien die beiden Ergebnisse nebeneinander gestellt:

	Feines Spelzmehl	Gepulvertes Stroh	Birkenholz
	Verlust in Prozenten		
für Zellmembran	61·88	61·65	55·84
Zellulose	73·54	74·46	60·78
Pentosan der Zellmembran	63·54	86·64	55·4
Restsubstanz	21·03	10·37	—

II. Stroh bei 4 Atmosphären Druck mit 10 prozentigem Natron aufgeschlossen.

Nach den Angaben der fabrikmäßigen Darstellung lieferten 420 Kilo trockenes Urstroh 271·2 Kilo = 64·02 Prozent fertige Produkte, die dabei auftretenden löslichen Produkte wurden mit 6500 Liter warmen und 25000 Liter kalten Wasser ausgewaschen, das Material dann getrocknet, gemahlen und fein gesiebt. Ob bei letzterem Verfahren eine qualitativ

ungleiche Scheidung eintritt, ist nicht festgestellt. Das Pulver hat eine mehr graue Farbe gegenüber der gelben des Urstrohes. Über Zusammensetzung und Ausnützung geben die nachstehenden Tabellen Aufschluß.

Strohmehl aufgeschlossen mit Alkali bei Druck (Nr. 4a).

In 100 Teilen Trockensubstanz		In 67.3 g pro Tag
Asche	3.07	2.67
Organisch	96.93	65.23
N	0.08	0.05
Pentosan	27.43	18.46
Zellmembran	77.50	52.15
davon Zellulose	56.43	37.96
„ Pentosan	19.00	12.79
„ Rest	2.07	1.39
Verbrennungswärme	416.0	279.9
löslich	19.43	13.08
davon Pentosan	8.4 (= 43.23 Prozent)	

In 100 Teilen Zellmembran	
Zellulose	72.81
Pentosan	24.52
Rest	1.67

In 100 Teilen Kot		In 64.7 g pro Tag
Asche	8.07	5.22
Organisch	91.93	59.48
N	2.32	1.50
Pentosan	19.33	12.51
Zellmembran	61.21	39.60
darin Zellulose	41.21	26.71
„ Pentosan	14.24	9.21
„ Rest	5.76	3.68
Verbrennungswärme	407.9	263.9

Durch das Kochen mit Natronlauge ist das Stroh so ziemlich N-frei geworden. Das Auswaschen hat aber kein Produkt geliefert, welches ganz von wasser- und alkohollöslichen Stoffen frei wäre, denn es fanden sich von letzteren (96.93 — 77.5) 19.43 Prozent. Hiervon wären etwa noch 1.1 g als Rohfett in Abzug zu bringen. Die Verbrennungswärme des aufgeschlossenen Strohes ist erheblich geringer wie jene des Urstrohes. Wenn

man nach den Ergebnissen der Fabrikation im großen rechnen darf, so kommen auf 448.6 Kalorien im Urstroh 268.7 Kalorien von aufgeschlossenen = 60.3 Prozent, der Rest 39.7 Prozent geht beim Aufschließen und Auswaschen verloren. Der lösliche Anteil enthält 8.4 g Pentosan, auf 18.33 Teile Gelöstes (abzüglich Fett gerechnet), also 45.8 Prozent. Das Lösliche hier ist natürlich nicht mit den löslichen Substanzen des Urstrohes identisch, sondern nur der Rest der durch Natron löslich gewordenen Substanz, die sich, weil in allen Zellen von Stroh eingeschlossen, nicht ganz hat auswaschen lassen. Die Zellmembran selbst hat hauptsächlich Pentosane und die Restsubstanzen eingebüßt, wie ein Vergleich mit dem Urstroh zeigt:

100 Teile Zellmembran enthalten:

	Urstroh	Aufgeschlossenes Stroh
Zellulose	45.60	72.81
Pentosan	28.91	24.52
Rest	25.49	1.67

Zellulose selbst scheint nicht zerstört zu sein, das Urstroh hatte 35.2 Proz. 64.6 Teile aufgeschlossenes Stroh hatten 36.4 g. Die Verdaulichkeit der Produkte setzt sich also wieder aus zwei Faktoren zusammen, aus der der Zellmembran und aus jenen der noch vorhandenen nicht ausgewaschenen löslichen Substanz. Nimmt man das ganze Präparat und berechnet den kalorischen Verlust, so hat man

als Zufuhr	279.9 Kalorien
„ Ausfuhr	263.9 „
„ normalen Verlust des Fleisches	67.7 „

Verlust durch das aufgeschlossene Stroh 196.2 Kalorien = 70.9 Prozent.

Der Verlust des aufgeschlossenen Strohes, d. h. der Zellmembranen ist folgender:

Zellmembran	75.93 Prozent
Zellulose	70.3 „
Pentosan der Zellmembran	72.01 „

Die Restsubstanzen spielen in der ganzen Bilanz keine Rolle, es werden pro Tag nur 1.39 g dieser unter dem Sammelnamen zusammengefaßten Materie aufgenommen, aber es ist auffällig, in den Ausscheidungen mehr davon, d. h. 3.68 g, wiederzufinden. Da die analytischen Ergebnisse nicht zu bezweifeln sind, muß es sich wohl um folgendes handeln. Bei der Verdauung werden aus der Zellmembran offenbar aus der Zellulose Zwischen-

produkte gebildet, die zwar noch in den gewöhnlichen Reagenzien, wie Alkohol, Wasser, Chloralhydrat, wie sie zur Darstellung der Zellmembranen aus Kot dienen, unlöslich sind, aber den Charakter als Zellulose verloren haben.

Die löslichen Produkte lassen sich nach ihrer Verbrennungswärme wie folgt berechnen:

das aufgeschlossene Präparat hat	416.0	Kalorien
77.5 Zellmembran \times 4.294 liefern	332.7	Kalorien
1.1 g Ätherextrakt	10.2	„ = 342.9 Kalorien
18.3 g Lösliches	73.1	Kalorien

also rund per 1 g 3993, was sich mit dem reichlichen Gehalt an Pentosanen in dieser Mischung deckt.

Im Kot sind pro Tag enthalten	263.8	Kalorien
davon gehen aber nach direkter Bestimmung in die Zellmembran des Kotes	181.6	Kalorien
weiter für gelöstes Pentosan ($3 \times 3 \times 3.9$)	12.8	„ = 194.4 Kalorien
	79.5	Kalorien
ab für Fleischkot	67.7	„
	11.8	Kalorien

Dieser kleine Überschuß ist nebensächlich, er könnte eine geringe Mehrung von Stoffwechselprodukten sein, oder etwa Substanz, die von den an sich löslichen Produkten herrührt.

Eine Mehrung der N-Ausscheidung im Kot läßt sich nicht nachweisen, die N-Abgabe betrug 1.50 g; in der Zellmembran waren 0.45 g, die vielleicht von Produkten des gefütterten Fleisches herrühren können, an den Membranen fest hafteten und nicht löslich waren, diese in Abzug gebracht, liefert der Tageskot 1.05 g N, während bei reiner Fleischkost 1.03 g N zu kommen pflegen.

III. Strohaufschliebung ohne Druck.

Das Produkt, gleichfalls von mehr grauer Farbe als das Urstroh, war sehr fein gepulvert und gesiebt. Das Urstroh war 6 Stunden bei 100° gehalten, dann mit 6500 warmem und 25000 Liter kaltem Wasser ausgewaschen worden, wobei 72.3 Prozent an Ausbeute an Trockensubstanz gewonnen wurden.

Zusammensetzung der Ein- und Ausfuhr beim Ausnützungsversuch ergeben nachstehende Tabellen:

Aufgeschlossenes Strohmehl Probe 2, Sieb 0.

	In 100 Teilen trocken	In 66.9 g pro Tag
Asche	2.76	1.85
Organisch	97.24	65.05
N	0.11	0.07
Pentosan	29.36	19.64
Zellmembran	79.39	53.11
Zellulose der Zellmembran	52.72	35.26
Pentosan	20.94	14.00
Rest	5.73	3.85
Verbrennungswärme	418.6	279.9
löslich	17.85	11.94

	In 100 Teilen tr. Kot	In 67.0 g
Asche	14.23	9.53
Organisch	85.77	57.47
N	2.02	1.35
Pentosan	19.77	13.24
Zellmembran	56.11	37.58
Zellulose der Zellmembran	35.24	23.61
Pentosan	14.25	9.55
Rest	6.62	4.42
Verbrennungswärme	391.2	262.1

Der N war etwas weniger vollkommen ausgezogen, der Eingriff überhaupt nicht so weitgehend, wie in der Probe unter Druck. Es war noch etwas mehr Pentosan in der Zellmembran vorhanden. In der Zellmembran war auch mehr Restsubstanz, wie in dem vorigen Präparat. Die Zellmembran der Versuche nebeneinander geben die beste Übersicht.

	Urstroh	Stroh unter Druck	Stroh ohne Druck	Dahlemer Stroh
Zellulose	45.60	72.81	66.40	67.12
Pentosan	28.91	24.52	25.70	26.94
Rest	25.49	1.67	7.85	5.94

Stroh ohne Druck und das Stroh aus Dahlem stimmen fast völlig untereinander überein. Der lösliche Anteil 17.85 Prozent, oder nach Abzug von 1.1 Prozent Fett, = 16.75 enthält 8.42 g Pentosan = 50.2 Prozent von letzteren. Die Verbrennungswärme ist geringer wie beim Urstroh, aber etwas größer wie beim Stroh unter Druck aufgeschlossen. Urstroh enthielt 35.2 Prozent Zellulose, bei dem Verfahren ohne Druck wurden

72·3 Teile Aufgeschlossenes mit 52·73 Prozent Zellulose erhalten, was 38·1 g Zellulose pro 100 Teile Urstroh berechnen läßt. Hier liegt ein Widerspruch vor, denn mehr Zellulose als im Urstroh kann doch nicht erhalten werden. Vielleicht erklärt sich das Ergebnis daraus, daß bei den großen Mengen verarbeiteter Substanz die entnommenen kleineren Proben nicht alle absolut gleicher Zusammensetzung sind. Von 100 Kalorien im Urstroh werden bei dem Verfahren ohne Druck 62·24 Prozent wieder erhalten, bei dem Druckverfahren 60·3, der Unterschied ist also unbedeutend.

Die Verdaulichkeit setzt sich wieder aus den jetzt bekannten zwei Komponenten zusammen, jener der Zellmembranen und jener der löslichen Produkte. Der Gesamtverlust an Kalorien war:

in der Zufuhr	279·9 Kal.
im Kot	262·1 Kal.
abzüglich für Fleischkot	67·7 „ = 194·4 Kal.
Verlust = 69·4 Prozent.	

Der Verlust der unlöslichen Teile war:

Verlust an Zellmembranen	70·76
„ „ Zellulose	66·96
„ „ Pentosan	68·14

Bezüglich der Restsubstanz ergaben sich die gleichen Verhältnisse wie im vorigen Versuch; statt 3·85 in der Zufuhr kamen 4·42 in der Ausfuhr, also etwas mehr, doch sind die Unterschiede geringer wie im vorigen Versuch. Die Ursachen für dies Verhalten sehe ich in der Einwirkung der Verdauung und Umformung eines Teiles der Zellulose.

Die Natur der löslichen Produkte läßt sich nur nach der Verbrennungswärme fassen:

in dem aufgeschlossenen Präparat waren	418·6 Kal.
79·39 Zellmembran \times 41·94 = 332·9 Kal.	
in 1·1 g Fett	10·2 „ = 343·1 „
	75·5 Kal.

für 16·75 g (abzüglich Rohfett) Lösliches, 1 g = 4502 Kalorien. Die löslichen Produkte besitzen hier etwas mehr an Brennwert wie im vorigen Versuch.

Im Harn wurde etwas Pentosan ausgeschieden:

am 1. Tag	0·109 g
„ 2. „	0·168 g
„ 3. „	0·120 g
„ Knochentag	0·08 g

In dieser Hinsicht steht dieser Versuch also zwischen dem Urstroh und dem vorhergehenden Versuch. Für die weitere Berechnung kommen diese Werte nicht in Betracht, denn 0·135 g Pentosan entsprechen nur 0·53 Kalorien pro Tag an Verlust.

Im Kot wurden pro Tag verloren	262·1 Kal.
davon kommen in Abzug für die Zellmembran	
nach direkter Bestimmung	169·8 Kal.
für gelöstes Pentosan $3·69 \times 3·9 =$	14·0 „ = 183·8 „
	78·3 Kal.
davon geht ab für Fleischkot	67·7 „
	bleibt 10·6 Kal.

eine Differenz ohne Belang, welche auf geringe Mehrung von Stoffwechselprodukten oder auf Stoffe unbekannter Art aus der Nahrung herrührend bezogen werden kann.

Die N-Ausscheidung im Kot war 1·35; da in der Zellmembran 0·45 g N pro Tag vorhanden waren, so bleiben nur 0·90 N für die Stoffwechselprodukte des Fleisches, was annähernd mit dem Durchschnitt übereinstimmt. Die Verhältnisse decken sich also mit dem vorigen Experiment.

Über die Eigenschaften der im Wasser löslichen Substanz aus dem zweiten und dritten Präparat kann zusammengenommen gesagt werden, daß die Lösungen ziemlich farblos waren. Das ohne Druck aufgeschlossene Präparat gab eine Lösung, die etwas Kupferoxydhydrat in alkalischer Lösung aufnahm, aber kaum reduzierte, mit kalter Phlorogluzinsalzsäure gaben beide Präparate keine Reaktion, wohl aber — mit einer nach bläulichrot neigenden Färbung in der Hitze. Nach dem Aufschließen mit Salzsäure war erst nach mehrstündigem Erhitzen die Trommersche Probe deutlich.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend läßt sich über die warme Aufschließung mittels Natronlauge bei hoher Temperatur folgendes sagen: Die Aufschließung verändert den eigentlichen Zellulosegehalt nicht, beseitigt einen Teil der Pentosane, das Lignin und einige andere Bestandteile der Zellmembran. Das aufgeschlossene Material hat pro g Trockensubstanz weniger Brennwert, als das Urstroh. Die Aufschließung unter Druck macht nur um wenig mehr Produkte auflöslich, d. h. auswaschbar, wie die Methode ohne Druck.

Von 100 Kalorien im Urstroh werden als verfütterbare Produkte gewonnen:

bei Aufschließen unter Druck . . . 60·3 Kalorien
 „ „ ohne „ . . . 62·3 „

Der Unterschied erscheint praktisch nebensächlich. Der gleichheitlich berechnete Verlust bei der Verfütterung am Hunde war: angegeben in Kalorien der Zufuhr

beim Urstroh 68·6 Prozent, also verdaut 31·4 Prozent
 bei Aufschluß unter Druck . 70·9 „ „ „ 29·1 „
 „ „ ohne „ 69·4 „ „ „ 30·6 „

Für den Hund ist es also gleichgültig, ob man fein gepulvertes Urstroh oder aufgeschlossenes Material gibt.

Das Urstroh wie auch die aufgeschlossenen Präparate bestehen stets aus den eigentlichen Pflanzenzellmembranen und einem mehr oder minder reichlichen Teil löslicher Produkte. Die Zellmembranen des Urstrohes und des behandelten Strohes unterschieden sich wie folgt:

100 Teile Zellmembran enthalten:

	Urstroh	Mit Druckaufschluß	Ohne Druck
Zellulose	45·60	72·81	66·4
Pentosan	28·91	24·52	25·75
Rest	25·49	1·67	7·85

Die Zellmembran nach Aufschließung unter Druck besteht fast nur noch aus Zellulose und Pentosan, dagegen sind Lignine, Hemizellulosen und ähnliches beseitigt. Aus welchen Substanzen der Rest der Zellmembran, abzüglich Zellulose und Pentosane bei dem aufgeschlossenen Material besteht, steht offen. Die nächstliegende Annahme weist auf ein Zurückbleiben eines schwerer durch Alkali angreifbaren Anteils von Restsubstanzen des Urstrohes hin.

Die wasser- und alkohollöslichen Produkte werden erst beim Kochen mit verdünnten Säuren in Zucker übergeführt, welche die Trommersche Probe gaben. Urstroh gibt in der Kälte die Phloroglucinprobe, die löslichen Produkte aus aufgeschlossenen Material erst beim Erwärmen. Die löslichen Produkte des Urstrohes enthalten prozentig weit weniger Pentosane wie jene der aufgeschlossenen Produkte.

Die Verdaulichkeit der Strohproben wird bedingt

- durch die Verdaulichkeit der Zellmembran und
- jener der löslichen Produkte, welche letztere offenbar sehr weitgehend resorbierbar sind.

Bei einem Hund, der 1000 Kalorien zur Ernährung im Normalzustand brauchte, wurde folgende Menge aus der Zellmembran und in löslichen Produkten, für den Tag berechnet, nach den Experimenten verdaut:

	Bei Urstroh	Unter Druck aufgeschlossen	Ohne Druck aufgeschlossen
Kalorien insgesamt	93·1	83·7	85·6
Kalorien aus Zellmembran	89·6	53·9	65·1
also aus löslichen Produkten	3·5	29·8	20·5

Die verdauten Kalorien bestehen bei aufgeschlossenenem Material zu einem nicht unerheblichen Teil aus gelösten Produkten, die mit Wasser schwer auswaschbar und zum Teil vielleicht nur in Alkohol löslich sind. Der höchste Nutzeffekt der Resorption macht beim Hunde 8 bis 9 Prozent der Gesamtnahrung aus, der aus Zellmembran selbst stammende Teil bei aufgeschlossenenem Material nur 5 bis 6 Prozent, die als aufgenommen berechneten Stoffe sind zu hoch in Anschlag gebracht, weil der Nutzeffekt der Zellmembran durch Gärung im Darne Verluste erleidet. Die Verluste im Harne sind nicht wesentlicher Natur.

Aus Vorstehendem läßt sich berechnen, ob durch die Überführung des Strohes in aufgeschlossenen Material ein Mehrge Gewinn an Verdaulichem erzielt wird.

	Kal. insgesamt	Kal. in Zellmembr.
100 Teile Urstroh liefern verdaulich	140·6	135·4
= 64·6 „ unter Druck aufgeschlossenes Stroh	78·2	52·4
oder 72·3 „ ohne Druck	92·5	70·1

Für den Darm des Hundes wäre die Aufschließung ein Verfahren, das keinen Gewinn an Nährstoffen bedeutet.

Behandeln der Zellmembranen mit Alkali bei Zimmertemperatur.

a) Birkenholz.

Im Zusammenhang mit den vorhergehenden Versuchen der Aufschließung von Stroh bei hoher Temperatur mag noch der Einfluß von Alkali bei gewöhnlicher Temperatur erwähnt sein. Der Ausgangspunkt meiner Untersuchungen hatte keinerlei Beziehung zu den Bestrebungen das Stroh für den Wiederkäuer aufzuschließen, diese Frage lag mir fern, vielmehr habe ich¹ an eine ältere Angabe W. Hoffmeisters angeknüpft. Er war der Ansicht, die Zellulose könne man mit 5 Prozent Alkali in zwei Teile, eine leicht und eine schwerverdauliche Substanz zerlegen, wofür er auch sonst nicht weiter beschriebene Versuche anführt. Ich habe diese Angabe nachgeprüft, indem ich Birkenholz mit 5 Prozent Kalilauge

¹ Dies Archiv. 1915. Physiol. Abtlg. S. 83.

24 Stunden behandelte, dabei wurden 28.6 Prozent des Holzes aufgelöst; das löslich Gewordene war nicht Zellulose, sondern zu $\frac{7}{10}$ Pentosan. Das extrahierte Birkenholz selbst habe ich mit kaltem, dann kochendem Wasser gründlich ausgewaschen, getrocknet und verfüttert. Das mit Kali extrahierte Material stellte dann die nach Hoffmeisters Annahme schwerer verdaulichen Komponente dar. Einen solchen Unterschied der Verdaulichkeit habe ich nicht gefunden, der Verlust der Zellmembran war:

a) ohne Kalibehandlung	69.79 Prozent
b) nach „	69.95 „

Sie zeigte nach Behandlung mit Kali Quellungsvorgänge, aber trotzdem keine wesentlich verschiedene Verdaulichkeit. Die Behauptung Hoffmeisters, daß das in Kali Lösliche aber verdaulicher sei, ist trotzdem richtig. Das Kalilösliche sind jene Substanzen, auf welche ich schon oben bei dem aufgeschlossenen Stroh hingewiesen habe, wo sie als nicht ausgewaschene Reste der Alkaliauflösung auftraten. Auch wenn man nur die Zellulose ins Auge faßt, fand sich keine nennenswerte Verschiedenheit der Verluste, nämlich:

a) ohne Kalibehandlung	59.5 Prozent
b) nach „	62.9 „

Das sind bei den oft großen Schwankungen der Zelluloseauflösung geradezu übereinstimmende Werte. Wie wir jetzt zu sagen hätten, würde also die Aufschließung keine Bedeutung gehabt haben, sicher wenigstens nicht, insoweit die unlöslichen Produkte in Frage kommen.

Die vorhergehenden Versuche mit Strohaufschließung haben in dieser Richtung ganz genau das gleiche Resultat gegeben, wie das schon früher für die Birke erwiesen wurde.

b) Mit Alkali bei gewöhnlicher Temperatur aufgeschlossenes Stroh.

Im April 1917 sind mir zwei Präparate dieser Art von Geheimrat B. zugegangen, die unter Anwendung verschiedener Konzentrationen von Lauge gewonnen worden waren.

Ich gebe zunächst deren Zusammensetzung wieder. Das Ausgangsmaterial selbst habe ich nicht untersucht, es darf hinsichtlich dieses Umstandes auf die S. 52 gegebenen Analysen verwiesen sein. Die beiden aufgeschlossenen Strohsorten waren sehr ähnlich zusammengesetzt, sie enthielten etwa dieselbe Menge Zellmembran überhaupt, daneben aber reichlich lösliche Produkte, jedoch von verschiedener Zusammensetzung. Präparat I hatte

im löslichen Anteil 38.66, Präparat II aber 61.03 Prozent Pentosane und dementsprechend war auch der Gesamtpentosangehalt verschieden. In vielen Richtungen sind übrigens hier ähnliche Verhältnisse, wie bei dem 100° aufgeschlossenen Stroh, die Zellmembran besteht in überwiegender Masse aus Zellulose.

In 100 Teilen Trockensubstanz:

	Stroh I ¹	Stroh II ¹
Asche	2.23	2.15
Organisch	97.77	97.85
N	0.11 = 0.69 Protein	0.18 = 1.12 Protein
Pentosan	20.26	27.25
Zellmembran	72.55	73.05
darin Zellulose	56.41	55.26
„ Pentosan	11.20	13.47
„ Restsubstanz	4.94	4.32
Kalorien	433.3	440.4
Löslich	23.43 Prozent	22.58 Prozent
mit 9.06 Pentosan =	38.66 „	mit 13.78 g Pentosan =
		61.03 Prozent.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

	Stroh I	Stroh II
Zellulose	77.75	75.64
Pentosan	15.60	18.44
Restsubstanz	6.65	5.92

Der Hauptunterschied liegt also nicht im Verhalten der Zellmembran, sondern in dem der löslichen Substanzen.

Frisch dargestellt und verfüttert war das Ergebnis ein recht ungünstiges, was die Resorbierbarkeit anlangt. Ich habe an dem Versuchshund täglich mit 1000 g Fleisch je 70 g des luftgetrockneten Präparates fein gemahlen verfüttert.

Strohhäcksel I war mit 30 Prozent Natronlauge behandelt, dann gründlich ausgewaschen worden. Vor der Fütterung wurde es in einer Laboratoriumsmühle fein gemahlen.

Was die Zusammensetzung der Zufuhr und Ausfuhr anlangt, so geben darüber folgende Tabellen Aufschluß.

¹ etwa 1.1 Prozent Ätherextrakt.

Stroh I.

In 70 Teilen Zufuhr = 67.9 g trocken

1.51
66.4
0.07
13.72
49.25
38.28
7.69
3.28
294.2

In 100 Teilen Kot:

Asche	1.16
Organisch	98.84
N	3.21
Pentosan	17.12
Zellmembran	59.83
Zellulose	46.95
Pentosan	7.16
Rest	5.72
Verbrennungswärme .	4.803

für 80.0 g pro Tag

0.93
79.07
2.57
13.70
47.86
37.56
5.72
4.57
384.0

Das Stroh war sehr arm an N, ziemlich reich an Pentosan, aber ärmer als natürliches Stroh im Durchschnitt davon enthält. Zieht man die Zellmembran, Ätherextrakt + Rohprotein von der organischen Substanz ab, so bleiben 23.43 Prozent, also etwa $\frac{1}{4}$ an Bestandteilen, die als lösliche angesehen werden müssen, auf diese treffen (20.26 - 11.20) 9.06 g Pentosan = 38.66 Prozent Pentosan.

Von einem unveränderten Stroh unterscheidet sich dieses Präparat durch den hohen Zellulosegehalt (s. oben S. 52).

Der Gesamtkalorienverlust ergibt sich aus der Zufuhr = 294.2 Kalorien und den Ausscheidungen von denen 67.7 Kalorien als normaler Verlust bei Fleischfütterung in Abzug kommen, bleiben 316.5, Kal., d. h. es ist ein Gewinn an Nährstoffen überhaupt nicht eingetreten, sondern ein Verlust, der auf verminderte Resorption des gefütterten Fleisches bzw. Mehrung der Kotbildung zurückzuführen ist. Dies schließt nicht aus, daß von dem eingeführten Präparat ein Anteil zur Resorption gekommen ist. Betrachtet man nun die Verhältnisse der Zellmembran und ihrer Bestandteile, so läßt sich das Nähere leicht feststellen.

Es wird verloren von 100 Teilen:

Zellmembran	97.19
Zellulose der Zellmembran	98.12
Pentosan „ „	74.51

Von dem Pentosan wurde aber nichts resorbiert, obschon doch freie Pentosane in dem löslichen Anteil des Präparates vorhanden waren, jedenfalls blieb auch das Wenige, was an Pentosan aus der Zellmembran freigemacht worden war, unresorbiert liegen. Alles dies weist also auch auf eine besondere Störung hin, die wahrscheinlich im Alkaligehalt des Strohpräparates gelegen haben dürfte.

Ganz ähnlich verhielt es sich im Versuch II, wie nachstehende Zahlen kurz ergeben.

Stroh II.

In 70 g = Zufuhr 66.5 g trocken

1.42
65.08
0.12
18.00
48.57
36.73
293.4

In 100 Teilen Kot:

Asche	13.12
Organisches	86.88
N	1.95
Pentosan	17.33
Zellmembran	57.55
Zellulose	40.50
Kalorien	420.9

pro 83.2 g pro Tag

10.90
72.30
1.62
14.42
47.89
33.69
350.1

Eine eingehende Besprechung erübrigt sich, nur mag erwähnt sein, daß der N-Verlust hier nicht so stark gesteigert war und vom Pentosan wenigstens ein Teil zur Resorption kam. Von 283.4 Kalorien im Stroh kamen mit dem Kote 350.1 - 67.71 = 282.4 zu Verlust, hier ist der letztere wesentlich geringer, einige Prozente sind also zur Resorption gelangt.

Nachdem ich inzwischen die Untersuchungen an anderem aufgeschlossenen Material gemacht hatte, schien es mir durchaus bewiesen, daß diese kalt aufgeschlossenen Präparate nur einem nebensächlichen Umstand ihre

schlechte Resorbierbarkeit zuzuschreiben hatten. Ich habe daher nach vier Monaten wenigstens mit Präparat I eine neue Versuchsreihe ange stellt. Wenn nur das freie Alkali an der schlechten Ertragbarkeit die Schuld trug, so war inzwischen ausreichend Zeit verflossen, um aus dem freien Alkali die an sich unschädlichen Karbonate in allen Schichten des Strohes herzustellen. In der Tat verhielt sich jetzt die Sache völlig anders.

Gefüttert wurden wieder 70 g lufttrockenes Präparat und 1000 g Fleisch pro Tag. Das Ergebnis enthält folgende Tabelle:

Stroh I. 2. Versuch.

In 100 Teilen Kot:	in 70·5 g pro Tag	
Asche	20·25	14·27
Organisch	79·75	56·23
N	1·69	1·19
Pentosan	13·59	9·58
Zellmembran	48·45	34·17
Zellulose	31·91	22·50
Pentosan	7·13	5·02
Rest	9·41	6·65
Verbrennungswärme	370·0	237·6

100 Zellmembran enthalten:

Zellulose	65·86
Pentosan	14·72
Rest	19·42

Daraus folgt, daß sich dieses Präparat in seiner Resorption durchaus nicht so ungünstig stellt. Von den Kalorien gingen im ganzen von 294·2 der Zufuhr (237·6 — 67·7) = 169·9 oder in Prozent 57·74 verloren. Irgendeine Störung des Darmes lag jetzt nicht mehr vor, der Kot enthielt 1·19 g N pro Tag, in der Zellmembran des Kotes waren aber 0·28 g N, so daß nur 0·91 g N für den Fleischkot treffen, während im Durchschnitt 1·03 zur Ausscheidung kommen.

Von 100 Teilen wurden verloren:

bei der Zellmembran	69·37
Zellulose	58·78
Pentosan der Zellmembran	65·28

Das erinnert ganz an die früher mitgeteilten Resultate bei Stroh mit Aufschluß bei hoher Temperatur. Ein näherer Vergleich ist ausgeschlossen, weil ja das Ausgangsmaterial hier nicht bekannt war. Das Pentosan, auch das nicht in der Zellmembran gebundene, wird schwer resorbiert, das ist

aber auch bei anderen ähnlichen Präparaten ebenso. In dem Harn sind nur Spuren von Pentosanen nachweisbar gewesen. Den Beweis völliger Reizlosigkeit des Präparates für den Darm kann man leicht durch folgende Betrachtung erbringen:

Im Kot wurden ausgeschieden	237·6 Kal.
in 34·2 g Zellmembran des Kotes sind (× 4·2 Kal.)	143·6
in 1·77 g Protein (× 5·88)	10·4
in 4·56 freiem Pentosan (× 3·9)	17·8 = 171·8 ..
bleibt Rest für Fleischkot	65·8 Kal.
für Fleischkot wurde sonst erhalten	67·7 ..

Die Differenz liegt innerhalb der Fehlerquellen, es hat keine Steigerung der Stoffwechselprodukte, also keine Reizung des Darmes stattgefunden. Im Kot erscheint etwas mehr Restsubstanz wie in der Einnahme, dies ist ein Vorkommnis, das auch bei den durch Wärmeaufschluß behandelten Stroh schon beobachtet und dort erklärt wurde.

Die Aufschließung bei Zimmertemperatur liefert also ein Material das in seiner Resorptionsfähigkeit, wenn es frei von Ätzalkali ist, auch den anderweitigen Aufschließungsmethoden kaum nachsteht.