

Ernährungsformen fehlen bestimmte Teilstücke in den Eiweißkörpern, die für den Gesamtorganismus unentbehrlich sind. Der nötige Ergänzungsstoff läßt sich unter Umständen aus ganz verschiedenen anderen Nahrungsquellen beschaffen. So ist man der Meinung, daß den feinen Mehlen zur vollen Ernährungsfähigkeit etwas zugefügt werden muß, was in der Kleie sich findet. Störungen durch solches Brot könnten aber nur bei einseitiger ausschließlicher Ernährung zutage treten. Eine solche wird praktisch kaum je vorkommen, darin liegt eben der Wert der gemischten Kost, daß sie Eiweißstoffe aus den verschiedensten Quellen einzuführen erlaubt. Wenn man diese Frage auch für völlig spruchreif hält, so würde es sich darum handeln, welches Verhältnis zwischen Mehl und Kleie vorhanden sein müßte, um auch bei der einseitigen Broternährung auszureichen. Meine Untersuchungen haben gezeigt, daß wirklich solche Mehle vorkommen, welche so gut wie keine „Kleie“ enthalten, dafür die Zellmembranen des Mehlkernes. Aber die durchschnittlich gebrauchten Mehle enthalten reichlich an Kleie. Ob es daher notwendig ist, die ganze Menge ins Mehl einzuführen, erscheint fraglich, weil ja tatsächlich von den Kleberzellen so außerordentlich wenig resorbiert wird und jedenfalls bei mittlerem Zellmembrangehalt mehr als bei großen; die Erfahrungen auch der letzten Monate haben gezeigt, daß gerade bei den Vollkornbrot die N-Verluste sich besonders hoch steigern und diese N-Verluste sind günstigenfalls nur gerade durch unresorbierte Membranen bedingt. 30—50 Prozent N-Verlust bei Vollkornbrot sind nur möglich bei ausgedehnter unverdauter Zellmembran und weiteren Nahrungsstoffresten. In dieser Hinsicht bieten dann die mittleren Gehalte an Zellmembranen günstigere Bedingungen der Auflösung.

Die vorliegenden Versuche zeigen die Möglichkeit, zwischen Unverdaulichem und Stoffwechselprodukten quantitativ zu trennen, sie lassen in der Kleiezellmembran ein Objekt erkennen, das einen wesentlichen Einfluß auf die Mehrung von Stoffwechselprodukten hat. Ich werde Gelegenheit haben, bei den zahlreichen weiteren Veröffentlichungen auf diese Fragen zurückzukommen.

Die Verdaulichkeit von Spelzmehl beim Hunde.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Statt des Holz- und Strohmehl, die an sich außer der Zellmembran so gut wie keine Nährstoffe enthalten, ist man dazu übergegangen, anderweitiges Material zur Vermahlung zu suchen, das noch etwas besser verdauliche Bestandteile (freilich wohl mehr durch Zufall) einschließt und war so auf die Vermahlung der Spelzen gekommen. Es ist wohl anzunehmen, daß die Spelzen des Getreides an sich aus einer Zellmasse bestehen, welche eine große Ähnlichkeit mit der Zusammensetzung des Strohes haben werden. Die Spelzen, d. h. der Schälabfall des Spelzweizens, enthalten aber auch noch immer Reste des Getreides, einzelne Körner also beigemischt. Zwei Proben, die mir zur Verfügung standen, gaben beide sofort mit Jod eine ausgesprochene Stärkereaktion. Es wird sich aber nur fragen, ob diese Beimengungen quantitativ so beträchtlich sind, daß man sie vom Standpunkt der Nahrungsversorgung überhaupt in Betracht ziehen kann, oder ob das Spelzmehl im wesentlichen als eine Abart des Strohmehl zu betrachten ist. Nach der äußeren Beschaffenheit ist das Spelzmehl ein gelblich-weißes Pulver, das bei der einen Sorte die kleinen Teilchen mit bloßem Auge schwer unterscheiden ließ. Durch Absieben wird in der Technik auch noch ein etwas gröberes Material hergestellt, das etwa wie feinst zermahlene Kleie aussieht. Die Spelzmehle haben einen bitteren Geschmack und legen sich in unbequemer Weise beim Kauen zwischen die Zähne, sie werden durch die Einspeichelung nicht weicher.

Außer zu dem üblichen Streumehl, von dem schon oben beim Holzmehl die Rede war, soll es auch direkt als Zusatz zu Brot Verwendung finden.

a) Feines Spelzmehl.

Zum Versuch diente derselbe Hund wie in den früheren Versuchen, zu 1000 g Pferdefleisch pro Tag erhielt er 70 g lufttrockene Substanz. Der bittere Geschmack wird durch das Fleisch verdeckt.

Feines Spelzmehl.

	100 Teile enthalten	65.2 g pro Tag enthalten
Asche	9.23	6.02
Organisches	90.77	59.18
Pentosan	31.74	20.68 = 18.26 g Pentosan
N	0.72 = 4.39 Rohprot.	0.47
Zellulose	31.76	20.71
Zellmembran	65.64 mit 24.09 g Pentosan	42.79 mit 15.71 g Pentosan
Rest	9.79	6.39
Fett	1.66	1.08
Verbrennungswärme	378.1	246.5
pro 1 g Organisches	4.165 kg-cal.	

Die Zusammensetzung läßt erkennen, daß das Präparat ziemlich asche-reich ist, außerordentlich groß ist der Pentosengehalt, etwa $\frac{2}{3}$ machen die Zellmembranen aus, in dem die Hauptmasse des Pentosans enthalten ist.

Ein pflanzliches Produkt mit $\frac{2}{3}$ Zellmembrangehalt ist von vorn-herin als eine wenig aussichtsreiche Beilage zur Kost zu betrachten, da man in den üblichen Nahrungsmitteln über einen Gehalt von $\frac{1}{4}$ Zellmembranen selten hinausgeht, was als eine empirische Feststellung der Bekömmlich-keitsgrenze angesehen werden mag.

Das Mehl enthält Stärke. Zieht man von den organischen Bestand-teilen Protein, Zellmembran und Fett ab

90.77
— 71.69
<u>19.08 g</u>

so bleiben höchstens
die fast ganz aus Stärke bestehen.¹

Es wird auf die besonderen Bedingungen ankommen, ob die Stärke-anteile voll resorbierbar sind, zumal die große Menge von Zellmembran hier hinderlich sein könnte.

Auffallend gering ist der N-Gehalt der Spelzen, offenbar hängt er noch zum wesentlichen Teil mit der Kleberzellenschicht der beigemischten Spelz-körner zusammen.

Die Zellmembran enthält in 100 Teilen:

Zellulose	48.39
Pentosan	36.70
Rest	15.00

¹ Direkt wurden 18.1 Prozent Stärke gefunden.

Sie ist weit zellulosereicher als die Zellhüllen des Getreides, Zellulose und Pentosan überwiegen, so daß nur 15 Prozent für Lignine usw. übrig bleiben.

Ich wiederhole zum Vergleich die Analyse der Kleiezellmembran; in 100 Teilen sind:

Zellulose	29.47
Pentosane	40.48
Restsubstanz	30.05

An Kot werden in drei Tagen 447 g frisch = 192.2 g trocken entleert = 43.6 g Trockensubstanz. Letztere ist also sehr bedeutend und erklärt sich, wie in den bisher schon erwähnten Fällen ähnlicher Art durch die Bei-mengung der Reste der Zellmembran, welche kein oder wenig Wasser binden. Im Tag wurden 63.1 g bei 100° trocknen Kotes entleert. Die Zusammen-setzung der Ausscheidung ergibt sich aus folgender Tabelle:

Kot nach Fütterung mit feinem Spelzmehl.

	In 100 Teilen trocken	in 63.1 g Kot pro Tag
Asche	14.25	8.99
Organisches	85.75	54.01
Pentosen	18.72 mit 16.53 g Pentosan	11.81 mit 10.43 g Pentosan
N	2.56	1.61
Zellulose	24.14	15.23
Zellmembran	41.96 mit 15.82 g Pent.	26.48 mit 9.95 g „
Rest	2.00	1.34
Verbrennungswärme	411.2	259.4

Der Kot ist reich an Pentose, Zellulose, Zellmembran.

In 100 Teilen der letzteren sind:

Zellulose	57.52
Pentosan	37.70
Rest	4.77

Die Zellulose überwiegt also nach der Verdauung wie in allen unter-suchten Fällen, angegriffen wurden namentlich die „Restsubstanzen“. Die Verluste der Pentosen- und Zellmembranbestandteile ergeben sich wie folgt.

Von 100 Teilen sind durch den Kot verloren:

Gesamtpentosen	57.11
Zellulose	73.54
Zellmembran	61.88
Rest	21.03
Pentosen in der Zellmembran	63.52

Die Zellmembran steht ungefähr auf dem Verdaulichkeitsgrad von Holzmasse, jedenfalls aber ungünstiger als jene der Kleiemembran.

Ich füge hier die früher erhaltenen Werte für Kleieverdaulichkeit an.¹

Prozentverlust.	
an Pentosen	69.46
Zellmembran	44.72
Pentosen in der Zellmembran	38.73
an Zellulose	75.04

Die Zellulose stimmt im Verlust in Kleie und Spelzen überein. Die Zellmembran ist aber bei Kleie leichter auflöslich, was sich auch in der Lösung der Pentosane der Kleie ausdrückt. Doch besteht der Unterschied, daß die Pentosane der Kleie im ganzen in etwas höherem Maße unresorbiert im Darm bleiben, wie bei den Spelzen.

Die N-Ausscheidung im Kot ist nicht sehr beträchtlich; wenn man den N feststellt, der in der Zellmembran des Kotes gebunden war, so entfallen auf den Tag 0.83 g N, so daß $1.61 - 0.83 = 0.78$ g N von Fleisch herrühren, während im Mittel annähernd 1 g N bei reiner Fleischkost an Kot-N gebildet wird. Im Spelzmehl war aber überhaupt nur 0.47 g N pro Tag zugeführt worden. Jedenfalls geht aller in der Zellmembran eingeführte N wieder verloren. Da dieser nur 0.47 g pro Tag ausmacht, sogar noch etwas mehr als dieser N. Man darf annehmen, daß dieses Mehr möglicherweise zum Teil auf Haare entfällt, da der Hund während des Versuches seinen Winterpelz verlor.

Über die Resorption der Gesamtmasse des Spelzmehles, also inkl. des Stärkegehaltes läßt sich auf Grund der Verbrennungswärme des Kotes folgendes sagen, wenn man zunächst annimmt, daß die Ausnützung des Fleisches unverändert blieb:

Die Einfuhr an Spelzmehl entsprach	246.4 kg-cal.
im Kot sind	259.4
ab für Fleischkost	67.7, als Verlust bleibt sonach 191.7 „

Im ganzen sind von der Zufuhr zu Verlust gegangen 77.77 Prozent und nur 24.83 Prozent resorbiert worden, d. h. vom Standpunkt als Nahrungsmittel betrachtet, sehr ungünstige Verhältnisse. Nach der Gesamtmenge der zu Verlust gehenden Kalorien beurteilt, wird bei der Kleie nur 60.44 Prozent der Zellmembran verloren, die Kleie bringt keine Steigerung der Verluste durch Mehrung von Stoffwechselprodukten, verhält sich also in dieser Hinsicht indifferent.

¹ A. a. O. S. 147.

Diese Frage läßt sich für das Spelzmehl leicht nachprüfen. Wir haben als Verlust mit dem Kot täglich

	259.4 kg-cal.
im Kote war 26.48 g Membran $\times 4.2^1 = 111.2$ kg-cal.	
dazu gelöstes Pentosan 0.45×3.9	1.7
	112.9 „

Es bleibt für Stoffwechselprodukte: 146.5 „

Da im Fleischkot sonst nur 67.7 kg-cal. zu Verlust gehen, ist eine Vermehrung der Stoffwechselprodukte eingetreten, vielleicht gemengt mit Resten unverdauter Stärke.

b) Versuch mit größerem Spelzmehl.

Die Zusammensetzung des gefütterten Spelzmehles ergibt sich aus folgender Tabelle:

Zusammensetzung des größeren Spelzmehles.

	In 100 Teilen trocken	In 63.6 g trocken pro Tag
Asche	8.08	5.14
Organisches	91.92	58.42
Pentosen	$33.13 = 29.25$ Pentosan	21.06 mit 18.59 Pentosan
N	$0.41 = 2.56$ Protein	0.25
Zellulose	34.73	22.09
Zellmembran	74.36 mit 27.05 Pentosan	47.28 mit 17.2 Pentosan
Rest	13.48	8.57
Fett	1.23	0.66
Verbrennungswärme .	367.1^2	233.4

Das Präparat war demnach wesentlich verschieden von dem feinen Mehl; wie man aus dem viel größeren Zellulosegehalt und Zellmembran-gehalt ersieht, war es minderwertiger. Zieht man von der organischen Substanz der Zellmembran das Protein, Fett und die nicht in Zellhüllen befindlichen Pentosen ab ($2.56 + 74.36 + 2.20 + 1.2 = 80.35$), also $91.92 - 80.35$, so bleiben noch 11.57 Prozent an Substanz übrig, die Stärkemehl gewesen sein können.³

Die Zusammensetzung der Zellmembran war für 100 Teile:

	Präparat I	Präparat II
Zellulose	48.39	46.70
Pentosan	36.70	36.38
Rest	15.00	16.92

¹ Es wird hier die Verbrennungswärme der organischen Substanz des Spelzmehles verwendet, da die Zellmembran jedenfalls nur wenig von dem Mittel der Verbrennungswärme für die gesamte organische Substanz abweicht.

² 1 g Organisch = 3.993 kg-cal.

³ Direkt wurden 14.00 Prozent bestimmt.

Die Zellmembran selbst unterscheidet sich bei beiden Präparaten kaum, somit wird der Unterschied durch das ungleiche Absieben der kleinen Stärkekörner bedingt.

Täglich wurden 70 g lufttrocken = 63.6 g trocken mit dem Fleisch verfüttert. Die Kotbildung war eine sehr reichliche = 205.44 g Trockensubstanz = 68.48 g pro Tag gegenüber 63.1 g im vorhergehenden Versuch. Die etwas weniger feine Beschaffenheit der Vermahlung läßt sich auch beim Befühlen des Kotes wohl wahrnehmen — im übrigen ergaben sich in der Beschaffenheit der Ausscheidungen keine Unterschiede von Belang.

Die Zusammensetzung des Kotes nach Prozenten und pro Tag berechnet, ergibt die folgende Tabelle:

Kot nach Fütterung mit grobem Spelzmehl.		
	In 100 Teilen trocken	In 68.5 g pro Tag
Asche	13.66	9.36
Organisches	86.33	58.14
Pentosen	29.82 = 26.33 Pentosan	20.42 = 18.02 Pentosan
N	2.00	1.37
Zellulose	26.94	18.45
Zellmembran	59.61	40.25 mit 14.17 Pentosan
Rest	11.31	7.74
Fett	1.16	0.79
Verbrennungswärme .	392.1 kg-cal.	268.5 kg-cal.

Der Kot ist reicher an Pentosen, an Zellulose und Zellmembran wie sich das nach der Zusammensetzung des gröberen Spelzmehles erwarten ließ. Die Verluste stellen sich in Prozenten wie folgt:

	Für feines Spelzmehl	Für gröberes
an Pentosen	57.11	96.96
Zellmembran	61.88	85.53
Pentosen in der Zellmembran	63.53	85.46
Zellulose	73.54	83.53
Restsubstanz	21.03	90.23

Es ist aber ganz unverkennbar, daß für das Angreifen dieser Art von Zellmembran, wie sie in den Spelzen vorkommt, der Vermahlungsgrad einen Einfluß besaß. Diese gröbere Masse, könnte man sagen, ist ziemlich unverändert durch den Darmkanal hindurch gegangen, die spezifischen Unterschiede eines stärkeren Angriffs auf die Lignine fehlen bei den weniger zerkleinerten Massen. Die Angriffsflächen für die Verdauung sind für dieses

Material zu gering, es bedarf unbedingt einer besseren Zerkleinerung, um im Darm des Hundes nennenswert gelöst zu werden.

Was den Verlust an Kalorien anlangt, so war dieser	268.5
davon treffen auf Fleischkot	67.7
somit auf das Spelzmehl	<u>200.8</u>

Die Zufuhr war 233.4 Kal., der Verlust im ganzen 86.03 Prozent, also ein ungünstiges Verhältnis und der Verlust größer als bei feinerem Spelzmehl (77.77 Prozent).

Ob es sich dabei wieder wie im vorigen Versuch auch um eine Mehrbildung von Stoffwechselprodukten handelt, kann man mit genügender Annäherung leicht berechnen.

Der Kotverlust im ganzen war	268.5 Kal.
davon treffen auf Zellmembran $40.25 \times 3.99 = 160.5$	
dazu gelöste Pentosane $4.3 \times 3.9 = 16.7 =$	177.2 „
also Verlust durch Stoffwechselprodukte	<u>91.3 kg-cal.</u>

während bei Fleischkot 67.7 gebildet werden.

Die Steigerung der Stoffwechselprodukte ist hier erheblich geringer wie im vorhergehenden Versuch. Es ist sehr bemerkenswert, daß solche Verhältnisse bei den Spelzen auftreten, obwohl z. B. Kleie, Birkenholz, gepulverte Haselnüsse sich relativ indifferent für den Darm erweisen. Eine Erklärung liegt wohl darin, daß das den Darm Reizende wahrscheinlich die spitzen, stechenden Reste der Ähren sind, welche in das feine Mehl jedenfalls in größerer Menge übergehen und das gröbere Spelzmehl daran verarmen lassen.

Die Ergebnisse bereichern unsere Erfahrung über die Einflüsse der Zellmembran auf die Ausnützung dahin gehend, daß nebeneinander bessere Resorption und Reizung des Darmes (erster Versuch) und schlechtere Resorption und geringere Störung des Darmes (zweiter Versuch) einhergehen können. Für den Hund bringt der Genuß von Spelzmehl einen minimalen Nahrungsgewinn, der Mehrverlust durch Steigerung der Stoffwechselprodukte des Darmes (gemengt mit etwas unverdauter Stärke) ist so groß, daß der Nährwert des beigemengten Stärkemehls überhaupt wieder illusorisch gemacht wird.

Die Versuche mit Holz- und Spelzmehlen geben noch zu folgender Erwägung Anlaß.

Auf ein Moment, das bisher übersehen war, weil es unter normalen Verhältnissen gar keine Rolle spielt, bin ich bei den Versuchen mit Birkenholzmehl und dann bei anderen Materialien ähnlicher Natur erst näher aufmerksam geworden. Das ist die Trockenheit des Kotes. Durch die Bei-

mengung nicht wasserbindender organischer Substanzen wird, soweit ich sehe, ohne Ausnahme ein sehr trockner Kot entleert, der bis zu 46 Prozent und mehr an Trockensubstanz enthalten kann. Das ist der Fall, obschon bei meinen Versuchen die Zusätze zu einer völlig verdaulichen Kost nur 7 Prozent Birkenholzmehl, Spelzmehl und Holzmehl usw. betragen haben, während bei vegetabilischer Kost und nach Zusatz von Holzmassen usw. meist auf eine höhere Beimengung gerechnet werden kann.

Diese Trockenheit des Kotes bedingt eine erschwerte Entleerung, der Kot verliert seine plastische Eigenschaft und kann durch die Bauchpresse nur schwierig entleert werden, was namentlich mit Rücksicht auf die bei Erwachsenen überhaupt und namentlich bei älteren Personen häufigen Hämorrhoidalknoten sehr störend und nachteilig sein kann.

Nicht alle Arten des Holzmehles, Strohmeles usw. verhalten sich gleich, bei manchen steigert sich vielmehr der erwähnte Übelstand zu einer fast unmöglichen Kotentleerung. Dies ist dann der Fall, wenn das Material, wie z. B. bei Holzmehl aus Birke, zu derben Knollen und Massen, wie sie Pappe darstellt, verklebt. Die gleiche Beobachtung hat später R. O. Neumann bei Genuß von Brot, das mit Friedenthalschem Holzmehl versetzt war, gemacht, und auf die bedenklichen Zustände hingewiesen.

Ob diese verbackenden und vielfach verfilzenden Holzzellenmassen nicht durch Einlagerung im Blinddarm oder Wurmfortsatz auch nachteilige Folgen haben können, läßt sich nur durch etwaige Erfahrungen über das Auftreten von Blinddarmerkrankungen beweisen.

Aus den zahlreichen Fällen von Brotfälschung durch mehlarartige Zusätze, die zu einem Betrage der Bevölkerung und auch zu Gesundheitsbenachteiligungen und Schädigungen führen, kann man die Notwendigkeit ableiten, die Herstellung solcher Produkte zu untersagen oder sie auf diejenigen Mengen zu beschränken, die etwa als Streumehl in Kriegszeiten zu verwenden sind. Den Bäckern darf neben den ihnen zustehenden Mengen Backmehls nur so viel Streumehl von der Reichsgetreidestelle überlassen werden, als zu dem Zweck des Streuens notwendig ist. Ein Überstäuben des Brotes mit Streumehlen ist zu unterlassen.

Die Verdaulichkeit des Spelzmehles beim Menschen.

Von

Geheimrat Max Rubner und Dr. Arnt Kohlrausch.

I.

Es ist auffallend, daß man nach Ersatzmitteln für das Brotgetreide sucht, während erhebliche Mengen von Brotgetreide verfüttert werden. Eine Fürsorge für die menschliche Ernährung, welche Ersatzstoffe entbehrlich macht, wäre leicht zu treffen, wenn eine wirksame Einschränkung der Verfütterung von Brotgetreide in die Wege geleitet würde. In den beiden verflossenen Kriegsjahren ist nach der Richtung, alles Brotgetreide für den Menschen voll zu sichern, nichts Entscheidendes geschehen.

Unter den „Erfindungen“ wollen Versuche, sogenannte Streckungsmittel herzustellen, nicht zur Ruhe kommen. Unter letzteren sind oft die untauglichsten herausgesucht und zum Vertrieb gebracht worden. Der Eine von uns (R.) hat schon vor längerer Zeit auf den unerhörten Mißbrauch hingewiesen, der mit dem Bebacken von Mehl aus Hinterkorn, mit Unkrautsamen getrieben wurde, auch haben die gerichtlichen Verhandlungen dargetan, daß man Strohmehl in Massen beigebacken hat und auch vor anorganischen Beimengungen nicht zurückgeschreckt ist. Für Strohmehl liegen bereits Versuche von R. O. Neumann am Menschen vor, aus denen die Schädlichkeit solcher Beimengungen dargetan ist. Es wäre an der Zeit gewesen, ein allgemeines Verbot solcher Produkte zu erlassen. Selbst als Streumehl, dafür sind sie amtlich vorgeschrieben, haben diese Materialien mehr Schaden als man denkt, insofern sie den Boden der Brote minderwertig machen, weshalb vielfach diese Teile nicht gegessen, sondern weggeworfen werden.

Die bisherigen Zusätze zu Brot sind von Haus aus ganz wertlos, weil sie nährrende Bestandteile überhaupt nicht enthalten. Auch das Spelzmehl gehört an sich zu diesem nährstoffärmsten Material, kaum wertvoller als Strohmehl, wenn nicht der Zufall es fügt, daß noch einige Körner vom Getreide zurückgeblieben sind. Die Menge dieses Kornanteils mag bald größer, bald kleiner sein. Die Körner in Spelzen sind vielfach nicht gesund, sie