

festen Außenhaut besitzt; allerdings ist der Inhalt der Frucht weich und wässrig, wohl wenig membranreich, wodurch ein Ausgleich gegenüber der derben Haut geschaffen wird.

Die Zusammensetzung der Zellmembran zeigt ein ziemliches Überwiegen der Zellulose.

100 Teile enthalten:

55·90	Prozent	Zellulose,
17·26	„	Pentosan,
26·83	„	Restsubstanzen.

Von den Pentosanen sind nur 53·95 Prozent in der Zellmembran, der Rest im Saft oder anderweitig gebunden.

Ungemein bedeutend ist der Preßsaft = 71·8 Prozent der frischen Gurke. Von dem N gehen 45·1 Prozent in den Preßsaft über; da überhaupt nur 30·7 Prozent des N Amidstickstoff ist und der ausgepreßte Saft jedenfalls nicht sehr proteinreich ist, so wird der Hauptsache nach der Amidstickstoff beim Pressen austreten.

Die nutzbaren Kalorien ergeben sich wie folgt: Von der Gesamtverbrennungswärme gehen ab $15·3 + 29·6$ Kal. für den N-haltigen Anteil, so daß als Rest bleibt $386·9 - 45·3 = 341·6$ kg-cal. pro 100 g Substanz.

Die Menge der genossenen Gurken ist selten von Bedeutung, da die bekannten Beschwerden der Gasbildung bei den meisten Menschen allein schon eine Beschränkung auferlegen. Der hohe Gehalt an Zellulose läßt die Zellmembran ähnlich wie jene des Rhabarberstengels als schwerer verdaulich erscheinen.

Die Verdaulichkeit reiner Zellulose beim Hund.

Von

Max Rubner.

Meine zahlreichen Versuche an Birkenholz, den Zellmembranen der Kleie, der Mohrrüben, des Spinats, der Haselnüsse wie Haselnußschalen und Pilze haben dargetan, daß die Zellulose für den Hund keineswegs etwas völlig Unverdauliches ist. Je nach den morphologischen Verhältnissen und dem chemischen Gemisch der Zellmembran wird mehr oder weniger aufgelöst, doch darf man sagen, daß unter den verschiedenen Stoffen oder Stoffgruppen der Zellmembran die Zellulose den größeren Widerstand entgegengesetzt. Das Auflösungsmittel für die Zellulose ist in bakterieller Einwirkung zu suchen, die dazu nötigen Keime finden sich wahrscheinlich stets in der Nahrung und kommen im Kote vor. Da es leicht ist, durch Aussaat von Erde zelluloselösende Bakterienmischungen zu erhalten, so liegt es nahe, in der Verunreinigung durch Staub und Erde vor allem bei Substanzen, die, wie die Gemüse, sehr oft verunreinigt sind, die Quelle der Keime zu sehen, die durch die Vorbehandlung und beim Kochen kaum völlig abgetötet werden; Gelegenheit zur „Nachimpfung“ des Darminhaltes ist auch genügend vorhanden. Zelluloselösende Bakterien gibt es wahrscheinlich sehr viele. Zu ihnen gehört auch der *Bac. macerans* von Schardinger, der z. B. die Kartoffel völlig zerfallen macht, Pentosen und echte Zellulose zerstört. Nicht in allen Fällen scheint die Zellmembranlösung beim Wechsel der Nahrung sofort einzutreten, ich habe mehrfach beobachtet, daß nach anderweitiger Fütterung bei Hinzufügen von zellmembranführender Beikost, diese letztere in den ersten 24 Stunden nicht so verändert wird wie am zweiten und dritten Tage, das wäre durch die Anpassung der Bakterienflora an die neuen Ernährungsbedingungen

verständlich. Für die Gesamtausnützung eines zellmembranhaltigen Nahrungsmittels können sonach zufällige Umstände von Bedeutung sein. Es mag auch individuelle Verschiedenheiten in dieser Richtung geben, die sich in einer leichteren oder besseren Löslichkeit der Zellulose ausdrückt. Zweifellos werden die zelluloselösenden Bakterien nicht von der Zellulosegärung allein leben, sondern auch anderweitiges Nährmaterial erfordern, ja es wäre denkbar, daß gerade die natürliche Verbindung der Zellulose mit Pentosanen und Hexosanen usw. begünstigend auf die Entwicklung solcher Bakterien einwirkt. Eine Unmöglichkeit für die Auflösung der Zellulose im Darm des Hundes besteht also von vornherein sicher nicht, da ja keine typischen Eigenschaften des Darmes die Voraussetzung für die Löslichkeit der Zellulose sind.

Es wäre aber immerhin denkbar, daß sich vielleicht reine Zellulose für sich verabreicht, etwas anders verhält als das Stoffgemenge der natürlichen Zellmembranen. Zur Erledigung dieser Frage habe ich genau, wie bisher bei Prüfung der Zellmembranresorption verfahren wurde, Filtrierpapier verfüttert. Das letztere war der Tagesration von 1000 g Fleisch beigemischt. Zwei Versuche mit 50 g bzw. 75 g täglicher Fütterung von Papier wurden ausgeführt. Das Papier war in einer Rotationsmühle zu feinen Flocken zerrissen worden. Der Wassergehalt des Papierflaums war 4.00 Prozent, an Asche wurden 0.41 Prozent der lufttrockenen Masse gefunden. Bei der Untersuchung auf Pentosan wurden 0.57 Prozent der Trockensubstanz nachgewiesen; das Filtrierpapier hatte eine schwache Pentosenreaktion gegeben, was Veranlassung war, die quantitative Pentosebestimmung auszuführen. Kleine Mengen von Pentosan scheinen also sehr fest mit der Zellulose verbunden zu sein. Birkenholzmehl enthielt z. B. auch nach einstündigem Kochen mit 60 Prozent Kalilösung immer noch 8.42 Prozent Pentosen.

Die Tagesrationen von . . .	50.0 g Papier	75.0 g Papier
enthielten	48.0 g Trockensubst.	72.0 g Trockensubst.
	0.2 g Asche	0.3 g Asche
	<u>47.8 g Organisches</u>	<u>71.7 g Organisches</u>
ab für Pentosan	0.3 g	0.5 g
also Reinzellulose	47.5 g	71.2 g

Die Verbrennungswärme der Trockensubstanz war 4.225 kg-cal. 50 g lufttrocken also = 202.8 kg-cal., 75 g = 303.2 kg-cal.

Der Hund ertrug die Fütterung außerordentlich gut, der Kot grenzte sich leicht ab, war natürlich sehr reichlich; nach dem Pulvern gab er

eine äußerst flockige Masse. Die Zusammensetzung der Ausscheidungen war folgende:

	Bei Fütterung von 50 g Papier	von 75 g Papier
Kottrockensubstanz pro Tag . . .	61.25 g	72.41 g
100 g Trockensubstanz enthalten:		
Asche	12.56 Prozent	8.16
Organisches	87.44	91.84
N	2.64 Prozent	1.61
Pentosan	0.80 Prozent	0.67
Zellulose	58.31	69.71
Zellmembran	66.59	75.66
davon Pentosan	0.81 Prozent	0.82 Prozent
Fett	4.05	2.60
Verbrennungswärme	402.80 kg-cal.	423.00 kg-cal.

Daraus berechnet sich als tägliche Ausscheidung im Kote:

	Bei 50 g Papierfütterung	Bei 75 g Papierfütterung
Asche	7.71 g	5.71 g
Organisches	53.54 g	66.70 g
N	1.65 g	1.20 g
Pentosan	0.50 g	0.49 g
Zellulose	35.70 g	50.47 g
Zellmembran	40.73 g	54.79 g
davon Pentosan	0.40 g	0.62 g
davon N	0.37 g	0.52 g
Fett	2.48 g	1.88 g
Verbrennungswärme	246.60 kg-cal.	306.29 kg-cal.

Die Ausnützbarkeit läßt sich daraus mit Leichtigkeit ableiten. Die Fleischfütterung allein lieferte bei meinem Hunde pro Tag 67.7 Kal. als Ausscheidung im Kot, in den Ausscheidungen bei Zusatz von Papier war vorhanden:

	Bei 50 g Fütterung	Bei 75 g Fütterung
	246.60 kg-cal.	306.29 kg-cal.
ab	<u>67.70 „</u>	<u>67.70 „</u>
Es bleibt für gefüttertes Papier .	118.90 kg-cal.	238.59 kg-cal.
Die gefütterte Papiermenge hatte	202.80 kg-cal.	303.20 kg-cal.
Somit Verlust mit dem Kot . . .	88.21 Prozent	78.69 Prozent

Der Ausnutzungsverlust schwankt also zwischen 88.2 bis 78.6 Prozent, resorbiert wurde 11.8 bis 20.3 Prozent. Die Verdaulichkeit ist also zweifellos gering und kleiner, als man aus der Verfütterung der Zellmembranen anderer Art erwarten durfte, doch entscheidet diese Berechnung nicht. Klareren Einblick erhält man bei Berücksichtigung der direkten Bestimmung der Zellulose und der Zellmembranen überhaupt, weil es ja fraglich ist, ob die Kotbildung als Stoffwechselprodukt genommen, wirklich in beiden Fällen gleichmäßig war.

Im Grunde genommen hätte es hier keinen Sinn, zwischen Zellmembran und Zellulose zu trennen, denn beide sind eben identisch. Ich habe schon an anderer Stelle mitgeteilt, daß man bei der „Zellulosebestimmung“ bei Filtrierpapier 99.5 Prozent des Papieres wiederfindet. Betrachtet man die Bestimmungen von Zellmembran und Zellulose im Kot, so stimmen aber beide nicht völlig überein. Es muß also bei der Papierfaser beim Durchgang durch den Darm eine Umwandlung vor sich gegangen sein. Die eine Veränderung ist leicht zu sehen, die Zellmembran aus Kot dargestellt, enthält in beiden Versuchen N, das eingeführte Material war bis auf Spuren N-frei. Dabei muß es sich um eine ziemlich feste Verbindung zwischen N-haltigen Substanzen und der Papierfaser handeln, also nicht um einfache Einlagerung von Stoffwechselprodukten des Kotes, da ja die Extraktion des letzteren mit saurem Alkohol, Äther, Chloralhydrat gewiß solche Produkte wegnehmen würde. Man kann aber wohl daran denken, daß Eiweißstoffe des Fleisches sich in die Papierfaser eingelagert haben und deshalb schwer extrahierbar waren. Berücksichtigt man diesen Umstand, so wären beim Versuche mit 50 g Papier 2.50 g, bei jenem mit 75 g 3.24 g Protein abzuziehen. Die Zellmembranmenge würde dann 38.2 kg-cal., bzw. 51.5 g, was schon nahe an die Werte 35.7 bzw. 50.5 für Zellulose herangeht. Es ist aber außerdem möglich, daß die Papierfaser, ehe sie aufgelöst wird, durch die Bakterien eine Lockerung und chemische Umwandlung erfährt, wodurch sie zwar wasserunlöslich bleibt, aber bei der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salzsäure sich zum Teil löst.

Berechnet man den wirklichen Verlust an Zellulose, so stimmen beide Versuche sehr nahe überein:

Versuch mit 50 g Papier ergibt	75.58	Prozent Verlust.
„ „ 75 g „ „	70.78	„ „

Die Spuren von Pentosanen der Papierfaser scheinen völlig wieder ausgeschieden worden zu sein. Die Fleischkost pro Tag liefert 0.115 g Pentosan im Kot, ausgeschieden wurden:

	Bei 50 g Papierfütterung	Bei 75 g Papierfütterung
	0.50 g Pentosan	0.49 g Pentosan
ab	0.115 g für Fleischkost	0.115 g
bleibt	0.385 g	0.375 g

In der Zufuhr waren 0.3 bzw. 0.5 g Pentosan

Die N-Ausscheidung im Kot weist darauf hin, daß eine Mehrausscheidung von Stoffwechselprodukten aufgetreten ist. 1000 g Fleisch geben pro Tag 1.09 g N im Kot, nach Papierfütterung kam aber mehr N in der Ausscheidung.

	Bei 50 g Papierfütterung	Bei 75 g Papierfütterung
N im Kot	1.65	1.20
N bei Fleisch	1.09	1.09
Überschuß	0.56	0.11

Zieht man von der Gesamtmenge der ausgeschiedenen Kalorien des Kotes die Verbrennungswärme der Reinzellulose ab, so läßt sich erkennen, ob tatsächlich eine Mehrung der Kotbestandteile eingetreten ist. Wir haben dann:

	Versuch mit 50 g Papier	mit 75 g
Kalorien des Kotes	246.6	291.6
Ab für Zellulose	150.8	213.2
Bleibt für Kotbildung	95.8	78.4

Statt 67.7 Kal. entfallen auf den Stoffwechselanteil des Kotes 95.8 bzw. 78.4 kg-cal.; in beiden Fällen ist also mehr Verlust vorhanden, bei Versuch mit 50 g Papierfütterung sogar mehr als bei 75 g, was übrigens auch mit den N-Zahlen des Kotes in Parallele steht. Die Papierfaser wird also beim Hunde auch verdaut und zwar mit rund 73.18 Prozent Verlust; resorbiert wurden 26.8 Prozent, das ist weniger, als in vielen meiner Versuche hinsichtlich der Zelluloseresorption beobachtet worden war. Es kann daher wohl als wahrscheinlich gelten, daß die Zellulose für sich schwerer angegriffen wurde als Zellulose im Verband der Zellmembran. Diese Ergebnisse stehen zu älteren Annahmen im Widerspruch.

Aus verschiedenen Beobachtungen von Frerichs, Hofmann und C. Voit war entnommen worden, daß die Rohfaser für den Hund unverdaulich sein müsse. Genauere Versuche hat erst W. v. Knieriem¹ am Hunde angestellt. Er verfütterte Watte und Leinwand und junges

¹ Zeitschrift für Biologie. Bd. XV. S. 79.

Gras und konnte nicht die geringste Resorption feststellen. Bei letzteren Versuchen fand er z. B. bei Fütterung von 6·726 g Rohfaser in den Ausscheidungen 7·158 g, in einem zweiten Falle bei Fütterung von 4·08 g in den Ausscheidungen 4·08 g Rohfaser. Nachdem ich gezeigt habe, daß der Hund aus dem verschiedensten Material Zellulose verdauen kann, ist das Resultat Knieriems mehr zufälliger Natur. Der Hund bedarf ja zur Verdauung der Rohfaser nicht spezifischer Verdauungssäfte, sondern nur bestimmter Bakterien, die ihm in ausreichendem Maße mit der Nahrung zugehen werden; aus dem Kote meiner mit Birkenholz gefütterten Hunde haben sich solche papierauflösenden Bakteriengemische direkt darstellen lassen.

Berichtigung.

Jahrg. 1915, S. 365, Zeile 25, zweites Wort muß „Zweihügels“ (anstatt Sehhügels) heißen und am Ende derselben Zeile muß „Seh.“ (anstatt Zwei-) stehen.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

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

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM VON WALDEYER-HARTZ,
PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

UND

DR. MAX RUBNER,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1916.

== PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG. ==

DRITTES UND VIERTES HEFT.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.

1917

