

kung des Natrium nucleicum der Hefezellen ist einheitlich und spezifisch. Das entsprechende Immunsorium wirkt nur auf Hefezellen, nicht aber auf Bakterien, wie Versuche mit *Coli*- und Typhusbazillen, mit *Cholera*vibriolen, mit *Vibrio Finkler* und mit *Spirillum volutans* gezeigt haben.

Ob dem Natrium nucleicum außer der agglutinogenen noch andere antigene Wirkungen zuzuschreiben sind, konnte ich noch nicht genau prüfen. Wie ein Versuch zeigen konnte, scheint diese Substanz eine präzipitogene Eigenschaft allerdings nicht zu besitzen.

# ARCHIV

FÜR

## ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUFENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER,  
REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVS.

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 ABTHEILUNG. ==

VIERTES UND FÜNFTES HEFT.

MIT VIER FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1916

## Die Verdaulichkeit der Haselnußkerne.

Von  
Max Rubner.

### I.

Die Nüsse beanspruchen als Nahrungsmittel quantitativ betrachtet gegenwärtig kaum hervorragende Bedeutung, man schätzt sie im allgemeinen als gelegentliche Zugabe zur Mahlzeit. In der diätetischen Literatur findet man Anfangs des 19. Jahrhunderts von den Walnüssen berichtet, daß sie nur in frischem Zustand, solange sich der eigentliche Kern von den deckenden Häutchen entfernen läßt, in mäßigen Mengen, gut bekömmlich, aber später, wenn sie austrocknen und die Haut mit verzehrt werden muß, Verdauungsbeschwerden machen. Den Haselnüssen hat man nach der älteren Literatur wenig Bedeutung geschenkt, sie galten als schwer verdaulich, sollten namentlich auch Heiserkeit erzeugen können. Neben dem Genuß der Kerne selbst kamen im vorigen Jahrhundert statt der Mandelmilch, auch die ähnlich bereite Nüßmilch zur Verwendung. Als die rein diätetische Betrachtung der Nahrungsmittel mehr in Vergessenheit geriet, trat an ihre Stelle die Würdigung ihres Nährwertes auf Grund ihrer Zusammensetzung, als Eiweiß- und Fettträger. Es ist aber nie recht klar gestellt worden, wie es in dieser Hinsicht wirklich steht. Denn über die Verdaulichkeit der Nüsse ist näheres nicht bekannt; was man über ihre Bedeutung als Nährmaterial sagt, ist nur aus dem Ergebnis der Analysen abgeleitet, die allgemein bekannt sind. Wer die Nüsse zu allen sonstigen Nahrungsmitteln hinzu ißt, kann natürlich ein Urteil über ihre Bedeutung nicht gewinnen. Im Hinblick auf die Verdaulichkeit beurteilt man sie wie ich glaube, im allgemeinen als ungünstig; dazu geben manche Beobachtungen Anlaß. Wer die Abgänge nach Genuß von Nüssen durchsucht, wird stets mehr oder minder reichlich solche Nußförmchen finden, es sind aber immer größere Partikelchen, welche dem Kanalkanal entgegen sind, wie man auch namentlich Teile gerösteter Mandeln mitunter finden kann. Diese praktische Beobachtung sagt aber, wie ich mich bei anderen

Nahrungsmitteln überzeugt habe, nichts über die Größe der Resorptionsvorgänge aus. Unresorbierte Teilechen findet man dann häufig, wenn Nahrungsteile bei der Zubereitung ausgetrocknet waren und sich mit Fett durchtränkt haben, sie bleiben, weil für die Verdauungssäfte undurchdringlich, größtenteils auch unverdaut. Nüsse sind schwer vollkommen zu zerkauen, sie quellen nicht im Munde und wollen also rein mechanisch bearbeitet sein. Dazu fehlt es gewöhnlich an Zeit oder an Lust. Ähnliche Argumente gegen den Nährwert der Nüsse sind mehrfach erhoben worden, entscheidend bleibt stets das direkte Experiment. Ich habe daher am Hunde frisch entkernte Haselnüsse neben Fleisch verfüttert, dieselben Nüsse, deren Analyse in einer früheren Abhandlung mitgeteilt wurde und die ich hier wiederhole.

In 100 Teilen Trockensubstanz der Haselnüsse sind vorhanden:

- 2.57 g Asche,
- 97.42 „ Organisches,
- 2.62 „ Pentosen = 2.31 Pentosane,
- 2.02 „ asche- und pentosanfreie Zellulose,
- 6.38 „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 1.77 g Pentosen = 1.58 g Pentosane,
- 3.11 „ N = 19.44 g Protein,
- 65.72 „ Fett.

In dem 3 tägigen Versuch erhielt der Hund täglich 110 g frische Haselnüsse, deren Gehalt an Bestandteilen die Tabelle angibt. Der Hund ertrug die Fütterung der fein zermahlenen Haselnüsse tadellos, der Kot war fest und hart. Die Ausscheidungen waren angelassen, der Stuhl ganz trocken, eine Mehrung der Ausscheidungen war nicht wahrzunehmen. Der Kot war gelbbraun, nicht schwarz wie der normale Fleischkot. Die Untersuchungsergebnisse enthält nachstehende Tabelle.

In 110 g frischen Nüssen ist enthalten 80.8 g Trockensubstanz. Pro Tag wurde aufgenommen:

- 2.08 g Asche,
- 78.72 „ Organisches,
- 2.12 „ Pentosen = 1.87 g Pentosane,
- 1.62 „ Zellulose,
- 5.15 „ Zellmembran mit 1.43 g Pentosen und 1.26 g Pentosane,

- 2.51 „ N = 15.68 g Protein,
- 53.10 „ Fett.

In 100 Teilen Zellmembran findet sich:

31.45 Prozent Zellhlose,	
24.47 „ „	Pentosan,
44.08 „ „	Restsubstanz.

In 100 Teilen Trockenkot war:

68.35 g Asche,	
31.65 „ Organisches,	
0.64 Prozent Pentosen = 0.56 Prozent Pentosane,	
1.29 „ „	asche- und pentosanfreie Zellhlose,
3.30 „ „	asche- und proteinfreie Zellmembran mit
	0.29 g Pentosane,
1.89 „ „	N,
1.28 „ „	Fett.

In 57.4 g trockenem Kot pro Tag war:

39.2 g Asche,	
18.2 „ Organisches,	
0.37 „ „	Pentosan = 0.33 g Pentosane,
0.74 „ „	asche- und pentosanfreie Zellhlose,
1.89 „ „	asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0.109 g
	Pentosan,
1.088 „ N,	
0.73 „ Fett.	

Der hohe Aschegehalt des Kotes beruht nicht auf unvollkommener Abgrenzung, wie ich bemerken möchte, obwohl es ja hier unbedenklich wäre, wenn etwas Knochenkot mit dem Versuchskot sich beimengt. Es wird nötig sein an anderer Stelle auf ähnliche Vorkommnisse einzugehen. Was die Gesamtausnutzung anlangt, so läßt die Bestimmung der Verbrennungswärme der Einnahmen und Ausgaben folgenden Entscheid zu.

Die Verbrennungswärme der trockenen Haselnüsse war

die des Kotes pro Gramm	7.666 Kal. pro 1 g = 619.4 Kal. <sup>1</sup>
im Kot bei reiner Fleischfütterung kamen	1.265 „ „ 72.6 „
pro Tag zur Ausscheidung,	67.7 „ „
bleibt für die Nüsse	4.9 „ „

d. h. nur ein Verlust von 0.79 Prozent an Kalorien. Jedenfalls werden also die Nüsse tadellos verwertet. Daran hat natürlich in erster Linie die glatte Resorption des Fettes seinen Anteil, das Fett macht ja den Hauptteil der Verbrennungswärme aus. Im übrigen möchte ich aber auf einen

<sup>1</sup> In der ganzen Einnahme der Nüsse.

Umstand hinweisen, der natürlich das Resultat erheblich zugunsten der Nüsse verschiebt, nämlich darauf, daß bei einem Ausnutzungsversuch, welcher mit einem Nahrungsmittel angesetzt ist, stets der Stoffwechselanteil des Kotes mit als Verlust bei dem Nahrungsmittel verrechnet wird, hier ist dieser Energieverlust ausgeschlossen, weil der normale Fleischkot, der ja in der Regel nichts anderes ist als ein Stoffwechselprodukt, nach seinem Energiewert in Abzug gebracht wurde. Die Fleischverdauung leistet nebenbei noch die Verdauung der Haselnüsse. Das ändert an dem günstigen Ergebnis insofern nichts, weil jedenfalls so viel sicher steht, daß die Nüsse eine besondere Belastung des Darms und einen größeren Mehraufwand an Resorptionsvorgängen mit vermehrter Kotbildung nicht hervorgerufen haben. Man sieht daraus, daß die angeblich praktische Erfahrung, die in den Nüssen eher ein schwer resorbierbares Material sehen wollten, durch das Experiment als irrig nachgewiesen wird.

Geht man nun auf die N-Resorption näher ein, so zeigt sich auch da, daß die Eiweißstoffe jedenfalls gut aufnehmbar sind. Ich habe zuerst für das Klebereiweiß dargetan, daß dasselbe, getrennt von der Kleie und frei der Nahrung zugesetzt, ganz trefflich resorbiert wird. Hier kann man von einem ähnlichen Falle sprechen. Die Zellmembranen sind offenbar sehr dünn, werden bei der mechanischen Zertümmern zerrissen, daher resorbiert der Darm das Eiweiß sehr vollkommen. Im Durchschnitt wird bei Fleischfütterung bei meinem Versuchstier 1.09 g N ausgeschieden und ebensoviel kann auch im Versuche bei Fütterung mit den Haselnüssen (1.09), somit wäre das Eiweiß vollkommen zur Resorption gelangt. Freilich darf man die Wandelbarkeit der N-Ausscheidung im Kot nicht ganz beiseite schieben, es ist möglich, daß kleine Schwankungen vorkommen und daß diese vielleicht in dem Falle zugunsten der N-Resorption der Nüsse ausgefallen sind. Ich komme darauf noch zurück.

## II.

Die Resorptionsverhältnisse der Pentosen und der Zellwand hatten folgendes ergeben. Es wurden verloren:

11.32 Prozent der Gesamtpentosan,	
45.68 „ „	der Zellulose,
36.69 „ „	der Zellmembran,
13.41 „ „	des Pentosans der Zellmembran,
43.61 „ „	der Restsubstanz der Zellmembran.

Bei den Pentosen wurde berücksichtigt, daß der Fleischkot pro Tag 0.13 g enthält, wodurch sich der Verlust nur auf 11.32 Prozent berechnet.

An diesem Resultat haben aber die Pentosen der Zellmembran wesentlich Anteil, sie sind bis auf einen kleinen Anteil zur Resorption gelangt. Zellulose und Restsubstanz sind beide auch erheblich angegriffen, aber weit weniger als die Pentosen, wodurch sich dann als Gesamtergebnat ergibt, daß im Kot ein Zellmembranrest zurückbleibt, der zellulosereicher ist als die Einfuhr. 100 Teile Kotzellmembranen enthalten:

39.24	Prozent Zellulose,
8.94	„ Pentosan,
48.14	„ Restsubstanzen.

Mit der Zellmembran aus dem Kot ließ sich eine ganze Menge Protein isolieren, das als Rest von unverdaulichem Haselnußweiß anzusehen ist. Es haftet fest an der Zellmembran und kann nicht weiter abgeschieden werden; ich habe den Eindruck, daß dies solche kleinsten Teilchen sein mögen, die sich aus irgend einem unangeklärten Grunde der Verdauung entzogen haben mögen, die Menge des Proteins in der Zellmembran des Kotes betrug  $2.46 \text{ g} = 0.39 \text{ g N}$ , die Verdaulichkeit der Proteine war demnach doch keine absolute, wie es zuerst den Anschein hatte, sie muß nach dem Eiweißgehalt in der Zellmembran beurteilt  $84.5$  Prozent betragen, was einem Verlust von  $15.5 \text{ g}$  gleichkommt. Offenbar hängt das mit der guten Zerkleinerung der Nahrung wesentlich zusammen. Wenn man diese N-Ausscheidung aus den Nüssen berücksichtigt, so muß der N-Verlust des Fleisches etwas kleiner gewesen sein als im Durchschnitt; aus welchem Grunde diese Abweichung erfolgte, läßt sich nicht übersehen.

Die Zellmembran der Haselnußkerne gehört zu den leichtest auflösbaren und namentlich sind deren Pentosane in weitgehendem Maße verdauulich; diese erhebliche Zellmembranverdauung kommt offenbar der Verdauung der Nährstoffe selbst zugute. Es wäre aber interessant zu erfahren, ob nicht etwa bei der so überraschend günstigen Auflösung der Pentosane überhaupt den Verdauungssäften besondere Wege zum Eindringen in unverletzte Zellen geboten wurden.

### III.

Um die Haselnüsse zu weiteren Versuchen, bei denen das Verhalten der Zellmembran nochmals untersucht und zugleich der Einfluß des Trocknens bestimmt werden sollte, habe ich eine große Masse von Nüssen entkernen lassen. Die Kerne, frei von jedem Schalenrest, wurden in der Maschine zerkleinert, dann mit lauwarmem Wasser ausgewaschen, bis das Wasser nichts mehr aufnahm, mit kochendem Wasser behandelt, hierauf entwässert, mit Alkohol heiß ausgekocht, um das Fett größtenteils zu

entfernen, hierauf mehrfach mit Äther ausgekocht. So verlor das Präparat wenigstens die Hauptmasse an Fett, doch hielt es schwer, ohne eine Dauerextraktion im Apparate die Masse fettfrei zu erhalten. Die Anordnung des Versuches war genau wie die des vorigen.

Die Zusammensetzung des gefütterten Materials war folgende:

In 100 Teilen getrockneter Nüsse sind:

2.92	Prozent Asche,
97.08	„ Organisch,
10.97	„ Pentosen = $9.68$ Pentosan,
9.18	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
28.77	„ asche- und proteinfreie Zellmembran mit $9.90 \text{ g}$ Pentosan,
6.97	„ N = $43.55$ Prozent Protein,
27.05	„ Fett.

In 100 Teile Zellmembran enthalten:

31.55	Prozent Zellulose,
34.72	„ Pentosan,
33.72	„ Restsubstanzen.

In  $64.4 \text{ g}$  pro Tag gefütterten Haselnüssen sind:

1.88	g Asche,
62.72	„ Organisch,
7.06	„ Pentosen = $6.23 \text{ g}$ Pentosan,
5.91	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
18.73	„ asche- und proteinfreie Zellmembran mit $6.36 \text{ g}$ Pentosan,
6.46	„ Restsubstanzen,
4.49	„ N = $27.87 \text{ g}$ Protein,
17.70	„ Fett.

In  $100 \text{ g}$  trockenem Kot nach Fütterung mit trockenem Haselnüssen sind enthalten:

68.50	Prozent Asche,
31.50	„ Organisch,
1.22	„ Pentose = $1.08$ Pentosan,
1.70	„ asche- und pentosanfreie Zellulose,
3.84	„ asche- und proteinfreie Zellmembran mit $0.4$ Pentosen = $0.35$ Pentosan,
1.68	„ N,
0.79	„ Fett.

In 100 Teilen Zellmembran aus Kot sind enthalten:

44.21 Prozent Zellulose,
9.26 „ Pentosan,
46.53 „ Restsubstanz.

In 63.5 g trockenem Kot pro Tag sind enthalten:

43.49 g Asche,
20.10 „ Organisch,
0.77 „ Pentose = 0.68 g Pentosan,
1.079 „ asche- und pentosanfreie Zellulose,
2.44 „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 0.254 g Pentose = 20.226 g Pentosane,
1.14 „ Restsubstanz,
1.066 „ N,
0.50 „ Fett.

Bei der Darstellung wurde nicht nur die Fettmenge reduziert, sondern auch andere Substanzen ausgezogen, z. B. die in Wasser löslichen Amidstoffe usw. Der Gehalt an Zellulose ist jetzt auf das Vierfache angereichert. Die Zusammensetzung der Zellmembran war ähnlich wie jene bei den früher untersuchten Nüssen, aber insofern verschieden, als der Pentosegehalt nicht unwesentlich höher war. Die Pentosen sind jetzt nur noch als Bestandteile der Zellmembran vorhanden.<sup>1</sup>

Von dem Material wurde neben 1000 g Fleisch 64.4 g Trockensubstanz des obigen Nüssepulvers verabreicht. In dieser Tagesration sind die im einzelnen angeführten Nährstoffe enthalten.

Im Verlauf des Versuches ergab sich bezüglich des Verhaltens des Tieres nicht der geringste Unterschied gegenüber dem früheren Versuch, auch nicht in der Kotbildung.

Die Gesamtansnutzung nach den Verbrennungswerten läßt sich leicht feststellen, 1 g der zugeführten Nüsse entsprach 6.840 kg-cal, was auf die Tagesration 440.0 Kalorien ausmacht. 1 g Kot hatte 1.328 kg-cal. Verbrennungswert, 63.5 g also 84.32. Im Kot nach Fleischfütterung kommen pro Tag 67.7 kg-cal. zur Ausscheidung. 16.6 Kal. würden sonach als Mehrausscheidung auf die gefütterten Nüsse zu beziehen sein, was einem Verlust von 3.77 Prozent gleichkäme. Das wäre also etwas mehr, als bei den frischen Nüssen gefunden wurde. Man darf da aber keine

<sup>1</sup> Vergleicht man die Gesamtpentosen mit der Pentose in der Zellmembran, so stimmen die Werte nicht völlig, der Gesamtpentosengehalt ist etwas kleiner; solche Differenzen fand ich öfter, wenn die erhaltenen Mengen Furchtholchloroformlösung in dem einen und in dem anderen Präparat, welche aber durch die Berechnung den gleichen Wert ergeben sollten, sehr verschieden waren.

falschen Schlüsse ziehen. Die anderen Nüsse waren nicht nur frisch, sondern auch viel fettreicher, deshalb relativ an Zellulose und Zellmembran ärmer, Momente, die von vornherein etwas weniger an Ausscheidung erwarten ließen.

Der N-Verlust im Kot würde unmittelbar beurteilt = 0 sein, ich komme aber am Schluß der Darlegung nochmals darauf zurück.

#### IV.

Die Verdaulichkeit der Zellmembran legt die Verhältnisse des vorigen Versuches noch klarer zutage, die Ergebnisse lassen sich kurz, wie folgt, zusammenfassen. Es gingen zu Verlust:

9.06 Prozent von den Gesamtpentosen <sup>1</sup> ,
18.26 „ von der Zellulose,
13.03 „ von der Zellmembran,
17.65 „ von der Restsubstanz,
3.56 „ von der Pentose der Zellmembran.

Die Pentosen sind zum größten Teil resorbiert worden, andere als an die Zellmembran gebundene Pentosen waren überhaupt nicht vorhanden, trotzdem findet sich ein Unterschied in der Resorption der beiden Werte. Im Kot treten Pentosen auf, die nicht an die Zellmembran gebunden sind, diese Pentosen können keine anderen als aus der Zellmembran gelöste sein. Ähnliche Verhältnisse habe ich auch bei anderen Zellmembranen schon nachgewiesen; das Resultat ist besonders überzeugend, weil eben nur Pentosane der Zellmembran als Zufuhr in Frage kommen. Die Zellulose der Zellmembran ist auch leicht angreifbar, denn es waren nur noch 14.2 Prozent im Kote nachweisbar. Die Zellmembran, welche im Kot hinterblieb, hatte wie im ersten Versuche eine wesentlich andere Zusammensetzung wie die gefütterte, denn der Vergleich zeigt:

Gefütterte Zellmembran	Zellmembran aus Kot
31.55 Prozent Zellulose	44.21 Prozent Zellulose
34.72 „ Pentosan	9.26 „ Pentosan
33.72 „ Restsubstanz	46.53 „ Restsubstanz

In der aus dem Kot ausgeschiedenen Zellmembran war noch Protein vorhanden, dessen Menge 0.200 g N pro Tag entsprach. Dies stellt den Rest des unverdaut gebliebenen Proteins der Haselnüsse dar. Der Verlust an Protein im Kot macht diesmal nur 4.47 Prozent der Gesamtproteinzufuhr aus. Obschon hier also getrocknete und durch die Trocknung geronnene Eiweißstoffe in Frage kamen, ist die Resorption sehr gut. Viel-

<sup>1</sup> Nach Abzug der aus Fleischkot stammenden Pentosen berechnet.

leicht war in diesem Versuche die Resorption dadurch begünstigt, daß sich das größtenteils entfettete Material viel feiner zerkleinern ließ, als bei den frischen Nüssen, bei denen bei großer Anwendung von Gewalt ein Auspressen von Fett befürchtet werden mußte.

Die Gesamt-N-Ausscheidung im Kot war auch in diesem Versuche wieder kleiner, als sie im Durchschnitt bei Fleischkot zu sein pflegt. In beiden Fällen einen Zufall zu sehen, ist nicht sehr wahrscheinlich, andererseits ist bisher nicht bekannt, daß sich bei gemeinsamer Verfütterung zweier Nahrungsmittel stickstoffhaltige Stoffwechselprodukte im Kote mindern können.

## Versuche über die Verdaulichkeit der Haselnußschalen.

Von

Max Rubner.

### I.

Nachdem sich gezeigt hat, daß die Verdaulichkeit der Zellmembranen sehr verschiedener Herkunft, verschiedener morphologischer Struktur, wie Holzmasse, Kleie, Spinat, Möhren überraschend ähnlichen Einwirkungen im Darmkanal unterliegen, schien es mir doch noch wünschenswert, zu erfahren, ob auch sehr harte und widerstandsfähige Gebilde, wie die harten Schalen von Nüssen, der Auflösung im Darmkanal zugänglich sind.

Praktische Erfahrungen darüber besitzen wir nicht, es würde widersinnig erscheinen, deraartiges Material etwa als Tierfutter zu bezeichnen. Was man an Kernen von Beerentrüchten zufällig oder absichtlich verschluckt, geht erfahrungsgemäß wieder im Kote ab. Das wird ungefähr als Maßstab für die Unresorbierbarkeit der harten Schalen der Nüßarten angesehen.

Wenn ich andererseits die Zusammensetzung der Schalen selbst betrachte, so finde ich in dieser keineswegs einen Grund, eine völlige Unverdaulichkeit derselben anzunehmen. Die Haselnußschalen enthalten dieselben Mischungen von Stoffen, die auch anderweitig als verdanliche Zellbestandteile vorkommen. „Die Härte“ muß also wohl in einer eigenartigen Verbindung der Teile untereinander liegen, vielleicht auch in der Festigkeit der Masse, deren Luftfreiheit und geschlossenen Aneinanderlagern der Teile.

Jedenfalls muß es von Interesse sein, hierüber direkt eine Aufklärung zu bringen. Ich habe daher die Haselnußschalen so vollkommen wie möglich pulvern lassen und dieses Material zur Fütterung verwendet. Der Hund erhielt neben 1000 g Fleisch täglich 61.46 g trockenes Haselnußschalenpulver. Die Zusammensetzung der letzteren habe ich schon früher angegeben.