

kung des Natrium nucleinicum 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 nucleinicum 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

untersucht, sie bestehen nicht nur aus Zellmembranmassen, sondern schließen auch noch andere Bestandteile ein. Die Zusammensetzung war folgende:

100 Teile Trockensubstanz enthalten:

1.36	Prozent Asche,
98.64	„ Organisches,
32.88	„ Pentosen = 29.02 Prozent Pentosan,
36.68	„ Reinzellulose,
97.09	„ Reinzellmembran,
0.19	„ N = (1.187 Protein?),
0.36	„ Fett.

Hieraus kann man für die eigentliche Zellmembran für 100 g Trockensubstanz ableiten:

37.77	Prozent Zellulose,
29.88	„ Pentosane,
32.35	„ Restsubstanz.

Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen des Spinates.

Von

Max Rubner.

I.

Im nachfolgenden habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Zellmembranen eines der Blattgemüse einer näheren Untersuchung hinsichtlich der Resorptionfähigkeit zu unterziehen. In meinen früheren Experimenten am Menschen habe ich aus dieser Gruppe den Wirsing herausgeriffen. Mit Rücksicht auf die außerordentlich weite Verbreitung des Spinates als Gemüse schien es mir angemessen, die Zellmembranen des letzteren als Beispiel dieser Nahrungsgruppe für die Tierversuche zu wählen, auch soll er eine besonders leicht resorbierbare Zellulose führen. Man spricht sehr gern von der jungen unverholzten Zellulose solcher Gewächse, wobei man voraussetzt, daß die Zellmembranbestandteile von anderer Mischung seien, wie in älteren Gewächsen. Es ist mir zweifelhaft geworden, ob derartige immer wieder reproduzierte Behauptungen wirklich eine besondere Begründung haben. Meine Untersuchungen haben in dieser Hinsicht dargetan, daß der Spinat keinerlei besondere auffällige Abweichung in der Zusammensetzung seiner Zellmembran erkennen läßt, welche etwa in einem Zurücktreten der Pentosane oder den Restsubstanzen bestände. In 100 Teilen Zellmembran sind:

40.23	Prozent Zellulose,
24.42	„ Pentosane,
35.25	„ Restsubstanzen.

Die Menge der Zellmembran ist beim Spinat, wenn man den hohen Aschegehalt betrachtet, erheblicher als bei manchen anderen Blatt- und selbst bei manchen Wurzelgewächsen.

Die „Natur“ der Zellmembranen, soweit die chemische Zusammensetzung in Betracht kommt, gibt also keinen Anlaß, eine spezifische Besonderheit im biologischen Verhalten anzunehmen, freilich bedeutet der chemische Aufbau noch nicht, daß auch die morphologischen Verhältnisse bei allen Zellmembranen gleicher Zusammensetzung dieselben sein werden und von ihnen ist gewiß das Resorptionsvermögen mit abhängig, daher bleibt vorläufig die Notwendigkeit des direkten Experimentes unabweislich.

Der einzige einwandfreie Versuch, bei welchem die Zelluloseausscheidung nach Salatlütterung untersucht wurde, ist der von Knirriem ausgeführt¹, der aber eine Resorption von 25.32 Prozent und einen Verlust von 74.68 Prozent ergab, was nach den bereits von mir vorgelegten Ergebnissen gar nichts Besonderliches wäre, da selbst bei Birkenholz in meinen Versuchen eine noch günstigere Ausnutzung erzielt wurde.

Bei der Beurteilung der Verdaulichkeit der Gemise spielen zweifellos beim Mangel an wirklichen Tatsachen die Meinungen und populären Anschauungen noch eine große Rolle. Die letzteren sind besonders trügerisch, wo der Laie ohne Kenntnis des wahren Gehaltes der Speisen an Nahrungsstoffen sein Urteil über die Ausscheidungen fällt, da wird selbstverständlich der Spinat bei dem großen Wassergehalt der genossenen Speise und der feineren Verarbeitung nie Anlaß zu einer Belastung des Darms überhaupt geben. Man darf nicht vergessen, daß die Verdaulichkeit auch von der Zerkleinerung beim Essen oder bei der Zubereitung bis zu einem gewissen Grade wenigstens abhängig ist, in dieser Hinsicht haben die blättrigen Teile natürlich viel vor den Stengeln und Knollen voraus, denn das Blatt ist seiner Natur nach ein morphologisches Gebilde, das vor allem wenig Dicke und Zusammenhang besitzt und schon deshalb leicht in Stücke zerlegt wird, die der Verdauung keine oder doch weniger Hindernisse bereiten und für sie eine bessere Angriffsfläche bieten, als andere massigere und fleischigere Gebilde.

Als Nahrungsmittel ist von dem Spinat dessen hoher Gehalt an Protein bemerkenswert, der aber auch vom Rosenkohl erreicht werden kann. Die Frage der N-Resorption gehört freilich nicht in den Rahmen der nachfolgenden Untersuchung, steht aber doch in enigen Zusammenhang. Dem großen Reichtum des Spinates an Protein steht als weniger günstig eine bei Untersuchung der Zellmembranen gemachte Beobachtung gegenüber. Alle, auf verschiedene Art und recht zahlreich hergestellten Zellmembranen aus Spinat konnten niemals eiweißfrei gewonnen werden,

auch bei Eingriffen, die mit Rücksicht auf die Erhaltung der ursprünglichen Eigenschaften der Zellmembran nicht wohl anwendbar und stark eingreifend waren, war die Beseitigung des Eiweißes nicht gelungen. Daher wird mit Bezug auf die Resorptionsfähigkeit des Spinatproteins ein Versuch mit den Zellmembranen nicht ohne Bedeutung sein.

Mit Bezug auf die bisher eingeschlagene Methodik wünschte ich einen möglichst zutreffenden Vergleich der Resorption der Spinatzellmembran mit den bisher untersuchten anderen Materiale zu erhalten, und ich unternahm daher die Verfütterung am Hund unter denselben Bedingungen wie die Birkenholzmehle und die Kleiezellmembranen bisher untersucht worden sind. Das Versuchstier sollte zu täglich 1000 g Fleisch eine ausreichende Menge der Zellmembran erhalten.

Zu einem Versuche mit Spinat wurde der letztere zuerst mit Diastase 24 Stunden verdaut, dann mit lauwarmem Wasser, später mit heißen Wasser angezogen, d. h. immer wieder aufgerührt und im Kolbertuch ausgepreßt und so schließlich ein Präparat erhalten, das im Extraktionsapparat so lange mit heißem Alkohol ausgezogen wurde, bis keine grüne Farbe mehr erkennbar war. Die Massenverarbeitung war ziemlich mühsam, das Produkt feinflockig. Als reine Zellmembran ließ es sich zwar noch nicht ansehen, doch enthielt es gewiß nur wenig fremde Stoffe. Die Extraktion mit Chloralhydrat wurde für die große Masse aus äußeren Gründen unterlassen. Über 12 Pfund Spinat waren in der angegebenen Weise verarbeitet, jedoch schließlich nur Material für zwei Versuchstage erhalten worden; der Wassergehalt des käuflichen Spinates ist sehr schwankend und war in diesem Fall besonders groß gewesen. Der Spinat war übrigens genau so zugerichtet, wie es für die Küche geschieht, die Abfälle lassen sich im voraus nicht sicher berechnen, sie waren offenbar erheblich. Dem Fleische beigelegt, fraß der Hund die Masse des Gemisches ebenso gierig als wenn es reines Fleisch gewesen wäre. Der entleerte Versuchskot war von mäßiger Konsistenz, eher weich, und ließ die erhebliche Beimengung der vegetabilischen Masse ohne weiteres nicht erkennen, zerfiel beim Pulvern in ein feines Gemisch, das keiner der anderen Kotsorten glich. Die Analysen wurden genau wie in anderen Versuchsreihen ausgeführt.

Die Zusammensetzung des verfütterten Spinatpräparates war für 100 Teile

Trockensubstanz:	
90.39	Organisches,
60.24	„ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 13.32 g
24.28	„ Pentosen = 11.74 Prozent Pentosane,
„	Zellulose, asche- und pentosanfrei,

4.08 Prozent N = 25.50 Rohprotein,
13.56 „ „ Pentosen = 11.97 Prozent Pentosan,
0.27 „ „ Ätherextrakt.

Die eigentliche Zellmembran machte von dem Präparate rund 60 Prozent aus, das beruht auf dem erleblichen Asche- und Proteingehalt. Sie wich in ihrer Zusammensetzung nur im Pentosangehalt etwas von dem Mittel der früheren Analysen ab. 100 Teile gaben:

40.30 Prozent Zellhülle,
19.49 „ „ Pentosan,
40.24 „ „ Rest.

Wenn man bedenkt, daß die Pentosane Einlagerungen sind, die mit dem Alter der Zellmembran Schwankungen unterliegen, haben Abweichungen in dieser Richtung nichts Auffälliges. Während der frische Spinat Pentosen enthält, welche in den Preßsaft übergehen, sind hier alle Pentosen in der Zellmembran enthalten; die geringen Differenzen zwischen Gesamtpentose und Pentosen in der Zellmembran beruhen möglicherweise auf kleinen Differenzen in der Zusammensetzung des Analysenmaterials. Man sieht ferner, daß durch das Auswaschen die Proteinstoffe offenbar nur zum kleinen Teil zu entfernen sind, wie ich das übrigens schon früher hervorgehoben habe. Von dem 25.5 g Rohprotein waren nach der Darstellung der reinen Zellmembran mit Chloralhydrat immer noch 14.87 g hinterblieben. Entweder bestreuen diese also aus einem in Chloralhydrat unlöslichen Eiweiß, oder sie sind in den Pflanzenzellen selbst so eingeschlossen, wie die Kleberstoffe in der Kleie. An zwei aufeinanderfolgenden Tagen wurden je 53.60 g Trockensubstanz dieses Spinatpräparates verfüttert, abgegrenzt wurde mit Knochenkot. In der Tagesration waren enthalten:

5.15 g Asche,
48.50 „ „ Organisches,
32.78 „ „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 7.13 g Pentosen = 6.29 g Pentosan,
13.01 „ „ asche- und pentosanfreie Zellhülle,
2.59 „ „ N = 13.66 Protein,
7.27 „ „ Gesamtpentosen = 6.42 g Pentosan,
0.14 „ „ Fett.

Die Menge der organischen Stoffe war für 100 Teile = 90.39 g; addiert man alle analytisch festgestellten Stoffe, so ergibt sich rund 86.0 g Substanz, die Differenz trifft auf die in Äther und heißem Alkohol löslichen Stoffe.

Die Zusammensetzung der Ausscheidungen pro 100 Teile des Kotes war:

37.16 Prozent Asche,
62.84 „ „ Organisches,
28.80 „ „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 2.42 g Pentosanen,
14.12 „ „ asche- und pentosanfreie Zellhülle,
3.02 „ „ N,
5.94 „ „ Gesamtpentosen = 5.24 g Pentosan,
1.50 g Fett.

Daraus folgt als tägliche Ausscheidung:

64.84 g trockener Kot,
25.58 „ „ Asche,
39.26 „ „ Organisches,
18.69 „ „ asche- und proteinfreie Zellmembran mit 1.99 g Pentosan,
9.15 „ „ asche- und pentosanfreie Zellhülle,
1.98 „ „ N,
3.85 „ „ Gesamtpentosen = 3.40 g Pentosan,
0.97 „ „ Fett.

Die Resorbierbarkeit der einzelnen Bestandteile des Kotes läßt sich aus den Analysen nimmehr leicht ableiten. Zum Vergleich muß darauf verwiesen sein, daß der Hund pro Tag an reinem Fleischkot ausgeschieden hat:

10.38 g organische Substanz,
1.093 „ „ N,
0.129 „ „ Pentosen.

II.

Will man zuerst einen Überblick über die Gesamtresorption geben, so geschieht dies am besten an der Hand des Verbrennungswertes der Ein- und Ausfuhr. Die gefütterte Spinatmasse hatte pro 1 g trocken 3.957 kg-cal. an Verbrennungswärme gegeben, so daß in der Tagesration (53.6 × 3.957) 212.09 kg-cal. enthalten waren.

Der entleerte Kot lieferte pro 1 g trocken 2.748 kg-cal, somit die Tagesration (64.8 × 2.748) = 178.1; da aber durch die Fleischfütterung allein 67.7 kg-cal. zu Verlust gegangen wären, treffen auf den vegetabilischen Anteil = 110.4 kg-cal. Überschuß. Diese stellen, mit der Einnahme verglichen, 52.05 Prozent Verlust an Energie dar.

Bei der Weizenkleie war der Verlust in gleicher Weise berechnet 60.4 Prozent. Das bedeutet aber nur, daß die Gesamtheit der gefütterten

Spinatmasse soviel an resorbierbaren Teilen liefert, nicht gerade die reine Zellmembran als solche. Die Größe der Resorption an Nährstoffen bewegt sich innerhalb der Grenzen, wie ich sie auch für das Birkenholzmehl und die Kleie nachgewiesen habe.

Betrachtet man die N-Ausscheidung, so steht — abgesehen von Fleisch — einer Zufuhr von 2.59 g N, eine Ausfuhr von 1.98 g gegenüber, freilich wäre auch bei Fleischfütterung allein 1.09 g N zu erwarten gewesen. Für den Fall, daß die gefütterte Substanz die Kotbildung und N-Ausscheidung aus Darmsäften nicht angeregt hat, sind also 1.98—1.09 = 0.89 N aus der Spinatsubstanz = 34.36 Prozent der Eiweißsubstanz des Spinates zu Verlust gegangen. Das ist ziemlich viel, denn ich habe zuerst bewiesen, daß pflanzliche Eiweißstoffe, wenn sie nur freiliegen, recht befriedigend resorbiert werden, die Kleberstoffe z. B. nur mit einem Verlust von etwa 5 Prozent. Im vorliegenden Falle kann ich aber auch angeben, wieviel Protein zum mindesten noch in den Zellen des Spinates, die im Kote austreten, enthalten war. Auf 100 Teile trockenen Kotes trafen 1.37 g N = 8.56 g Protein, welches in der mit Chloralhydrat ausgezogenen Zellmembran sich fand, also in 64.8 g trockenem Kot pro Tag = 0.888 g N, d. h. genau so viel, als ich oben durch die Differenzberechnung gefunden hatte. Für den Kleie-N hatte ich 31.8 Prozent als Verlust gefunden, was mit obigem Wert sehr nahe übereinstimmt. Man könnte also mit einer Resorption von 65.6 Prozent der N-haltigen Stoffe rechnen. Der wirkliche Wert des resorbierten Proteins ist aber wohl noch etwas kleiner, da man ja bei den N-haltigen Stoffen der Gemisse im allgemeinen und des Spinates im besonderen mit der Anwesenheit amidartiger Substanzen rechnen muß, deren Resorption natürlich ohne jede Schwierigkeit erfolgt, deren Nährwert aber völlig zweifelhaft ist. Das Protein steckt also in uneröffneten Zellen oder haftet der Zellwand sehr fest an. In den Verband der Zellwand selbst scheinen bei Pflanzen nennenswerte Mengen von Protein nicht einzutreten, einige äußerst feste Zellmembranen, die ich untersucht habe, enthalten nur Spuren von N. Die Resorption des Proteins stellt natürlich nur einen Teil der aufgenommenen Masse der gefütterten Substanz dar.

III.

Das Hauptinteresse konzentriert sich auf die Verhältnisse der Umwandlung und Ausnutzung der Zellmembranen im eigentlichen Sinne. Die procentigen Verluste der wesentlichen Stoffe sind an der Hand der Tabelle leicht festzustellen, wir haben als Verlust:

52.95 Prozent	an Pentosen insgesamt,
31.63	„ an Pentosen, die in der Zellmembran abgelagert waren,
57.02	„ an Zellmembran überhaupt,
70.33	„ an Zelllose,
56.01	„ der Restsubstanzen.

Die Pentosen sind also im ganzen zweifellos günstiger ausgenutzt wie die anderen Bestandteile. Während im gefütterten Material die Pentosen nur als Pentosane in der Zellwand vorhanden waren, zeigt sich im Kot ein anderes Verhalten, aber schließlich im Einklang mit allen bisher von mir ausgeführten Versuchen: Pentosen oder Pentosane kommen auch losgelöst von der Zellmembran im Kot vor. Nicht alle aufgelösten Pentosane werden unmittelbar resorbiert oder manche vielleicht gar nicht resorbiert. Jedenfalls finden sie sich im Kote verteilt. Die Menge ist hier sogar bedeutend. Die Zellmembran hat 68.4 Prozent ihrer Pentosane abgegeben und nur 31.63 Prozent waren noch im alten Verbands.

Die Zellmembranresorption im ganzen bewegt sich in den Grenzen, wie ich sie bei dem Birkenholz gefunden habe, sie ist also nicht besser resorbierbar, als die genannte Holzmasse, ein Ergebnis, das zweifellos unvernünftig kommt, wenn man sich an die Behauptungen der leicht „aufnehmbaren Zelllose“ des Spinates erinnert. Die Zellmembran ist im ganzen sogar etwas weniger gut aufnehmbar, wie jene der Kleie, am ungünstigsten steht es mit der eigentlichen Zelllose, sie erweist sich in keiner Weise als leicht resorbierbar, wenn wir das Ergebnis mit meinen anderen Untersuchungen vergleichen.

Dies ungleiche Verhalten der Resorption einzelner Bestandteile der Zellwand bedingt natürlich eine Verschiedenheit des Aufbaues zwischen gefütterter Zellmembran und der Zellmembran, die sich aus dem Kote darstellen läßt, wem schon die äußere Beschaffenheit die Meinung rechtfertigen könnte, die Zellwüllen seien zum Teil ganz unverändert entleert worden.

100 Teile organischer Zellmembranen enthalten:

	Zellmembran der Zufuhr	Zellmembran des Kotes
Zellulose	40.30 Prozent	49.03 Prozent
Pentosane	19.49	10.63
Rest	40.24	40.34

Die „Kotzellmembran“ ist also reicher an Zellulose und vor allem ärmer an Pentosanen geworden. Das ungleiche Verhalten der Zellulose und Pentosen ist hier besonders charakteristisch, man kann bei diesen

Ergebnissen sich nicht der Anschauung erwehren, daß die Kräfte, welche Pentosan und jene, welche die Zellulose lösen, verschieden sein müssen.

Es läßt sich mit einer gewissen Annäherung auch wie bei der Kleie und dem Birkenmehl schätzen, ob die Einführung der Zellmembran Veranlassung zu stärkerer Kotbildung gegeben hat; für die N-Ausscheidung habe ich gezeigt, daß das Mehr an N im Kot auf die unvollständige Resorption des in den Zellmembranen verbliebenen Proteins trifft, für die sonstigen Kotbestandteile kann man folgende Rechnung vornehmen:

Im ganzen sind pro Tag im Kot entleert worden	178.1 kg-cal.
Die Zellmembran des Kotes etwa nach dem Verbrennungswert der aufgenommenen Zellmembran geschätzt, würde pro Gramm 4.172 kg-cal. ausmachen, also pro Tag $18.69 \times 4.172 =$	77.97 kg-cal.
5.54 unresorbiertes Protein $5.54 \times 5.8 =$	32.13 "
1.41 g Pentosan = 1.59×3.957 (als Xylose ber.)	6.29 "
	<hr/>
	116.4 "
	<hr/>
	61.7 kg-cal.

Schätzungsweise sind also statt 67.7 kg-cal., welche dem üblichen Fleischkot entsprechen, 61.7 kg-cal. gefunden worden, wenn alle berechneten Abgänge, welche auf Zellmembran usw. treffen, in Anschlag gebracht werden.

Es läßt sich also sicher behaupten, daß eine nennenswerte Veränderung der Kotbildung unter dem Einfluß der gefütterten Spinatzellmembranen nicht eingetreten ist, obschon relativ die aufgenommene Menge der Zellmembran nicht unbedeutend war.

Die Spinatzellmembran entspricht also durchaus in der Resorption nicht den vielfachen Behauptungen über ihre leichte Resorbierbarkeit, auffallend leicht sind die Pentosane angegriffen worden, recht schwer die Zellulose.

Nur eines, was vom Laien so gedeutet werden kann, wurde beobachtet, nämlich kein auffallendes Hervortreten des beigemengten vegetabilischen Materials im Kote; bei Birkenholz, Kleie trägt der Kot einen ausgeprägten fremdartigen Charakter, hier bei diesen Zellmembranen nicht. Die nicht resorbierten Teile haben keine Neigung zu verflizen oder zusammenzubacken, sie fallen aber auch nicht bröcklig auseinander wie bei der Kleiefütterung.

Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen der gelben

Rüben.

Von

Max Rubner.

I.

Die bisher mitgeteilten Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Zellmembranen lassen erkennen, daß wir auf diesem Wege neue Erkenntnisse über den Ablauf dieses Teiles der Verdauungsvorgänge erhalten können, und gewisse Richtlinien, sowohl was die Angriffsweise auf die Zellmembranen, als auch die Rückwirkung auf die übrigen Verdauungsvorgänge betrifft. Von der ersten Gruppe der Gemüse, deren Zusammensetzung in den vorhergehenden Abhandlungen mitgeteilt ist, wählte ich die gelbe Rübe aus, um durch das Tierexperiment die Resorptionsart der Zellmembran festzustellen.

Dazu bestimmte ich neben der bequemeren Verarbeitung des Materials der Umstand, daß durch meine früher ausgeführten Versuche die Ausnützung der gelben Rüben beim Menschen bekannt ist. Die damaligen Versuche waren an einem Vegetarier angestellt worden, der sich gerade für die Ausführung solcher Versuche sehr geeignet hielt. Das Ergebnis schien unbefriedigend, da die Kotentleerung sehr schnell erfolgte, allerdings ohne irgend eine Störung des Befindens. Noch vor Ablauf von 6 Stunden erschien der Versuchskot — das Gesamtergebnis war aber nicht zu ungünstig. Frappierend war das Aussehen der frischen Entleerungen, welche wie die Nahrung selbst aussahen, tatsächlich war aber der Verlust an Trockensubstanz nur 20.7 Prozent, eine bedeutende Ausnützung war erfolgt, aber das Resultat im Verhältnis zu den Zerealien oder der Kartoffel doch ein sehr zurückstehendes.

Die Menge der verzehrten Trockensubstanz war nicht groß (351.6 g pro Tag), wenn man bedenkt, daß bei fast der doppelten Menge (670 g)