

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-vibrionen, 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

# Inhalt.

	Seite
Max Rubner, Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Wurzelgewächse . . . . .	193
Max Rubner, Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Blattgemüse . . . . .	219
Max Rubner, Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Obstarten . . . . .	240
Max Rubner, Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen des Spinates . . . . .	257
Max Rubner, Über die Verdaulichkeit der Zellmembranen der gelben Rüben . . . . .	265
Max Rubner, Die Verdaulichkeit der Haselnußkerne . . . . .	272
Max Rubner, Versuche über die Verdaulichkeit der Haselnußschalen . . . . .	281
Max Rubner, Die Zusammensetzung der Steinpilze und ihre Verdaulichkeit . . . . .	286
Ferns Meyer, Beziehungen des Plethysmogramms und der Blutdruckkurve bei Muskelarbeit zur Qualität des Herzens. (Mit 4 Figuren im Text) . . . . .	295

Die Herren Mitarbeiter erhalten *gratis* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis und 30 % Honorar für den Druckbogen zu 16 Seiten.

Beiträge für die anatomische Abteilung sind an

Professor Dr. **Wilhelm Waldeyer** oder an Professor Dr. **H. Virchow** oder an Dr. **P. Röthig**, sämtlich in Berlin N.W., Luisenstr. 56,

Beiträge für die physiologische Abteilung an

Professor Dr. **Max Rubner** in Berlin W., Kurfürstendamm 241 III portofrei einzusenden. — Zeichnungen zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf vom **Manuskript** getrennten Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, unter Berücksichtigung der Formatverhältnisse des Archives, eine Zusammenstellung, die dem Lithographen als Vorlage für die Anordnung dienen kann, beizulegen.

## Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Wurzelgewächse.

Von

**Max Rubner.**

### Einleitung.

Das Hauptinteresse hinsichtlich der Verdaulichkeit und des Nährwertes hat sich bisher in der Literatur auf das Brotgetreide erstreckt, die meisten Untersuchungen hatten dieses zum Gegenstande. Es hat sich gezeigt, daß die experimentelle Prüfung dieser Fragen erweitert werden kann.

Die im vorstehenden gegebenen Mitteilungen über die Zellhüllen des Getreides haben erkennen lassen, daß ein Teil der Pentosen an die Zellmembran gebunden ist und ein Teil aber in dem Mehlkern der Körnerfrichte enthalten ist. Dadurch entsteht als praktische Frage eine Unterscheidung zwischen leicht und schwer verdaulicher Pentose. Das Verhältnis der Zellmembranmasse zur Menge der leicht resorbierbaren Nährstoffe ist bei den Zerealien ein verschiedenes und durch die Verarbeitung der Rohmaterialien zur Handelsware sehr beeinflußt. Ich habe für die Beteiligung der Zellhüllen an der Zusammensetzung des Kotes im Hinblick auf die Zerealien einige Anhaltspunkte gegeben. So tritt uns der unverdauliche und schwer verdauliche Teil dieser Nahrungsmittel genauer entgegen und löst sich aus dem bisherigen Sammelwort „Rohfaser“ in wichtige neue Komponenten auf.

Die botanische Untersuchung lehrt, daß die Zellmembranen und Zellhüllen in verschiedener Weise gebildet werden, also einen verschiedenen Aufbau besitzen. Für Holz und Kleie hat sich zeigen lassen, daß die chemischen Unterschiede bemerkenswert sind.

Zwischen Zellulose und Pentosen in den Zellmembranen ist das Verhältnis verschieden, ohne daß man aber a priori daraus auf die Angreifbarkeit der Zellmembran durch die Verdauung einen Schluß ziehen könnte. Doch ist das vorliegende Material zu gering, um allgemeine Urteile zu ge-

statten, jedenfalls aber muß es erwünscht sein, erweiterte Kenntnis über den Gegenstand zu erhalten und die Natur der Zellmembranen des Näheren da kennen zu lernen, wo sie uns nicht so bequem zugänglich sind wie bei den Körnerfrüchten. Die Zellmembran stellt für sich eine Gruppe von Stoffen dar, welche aus dem sogenannten N-freien Extrakte, der ein Gemengel recht verschieden zu bewertender Stoffe ist, einen Teil herauslöst und ihn einer direkten Untersuchung zugänglich macht. Die Feststellung der Rohfaser kann vorläufig als ein Maßstab für den Zellmembrangehalt weder der Masse noch der Natur nach angesehen werden.

Es erscheint notwendig, auch die übrigen pflanzlichen Nahrungsmittel im Hinblick auf diese Beziehungen zu den Nährstoffen und der Zellmembran zu betrachten. Sehen wir uns unter den menschlichen Nahrungsmitteln um, so gibt es eine ganze Reihe, welche in der Art des Baues verschieden von den Getreidearten sind, deshalb eine besondere Besprechung erfordern, nach den allgemeinen Eigenschaften aber in gewisse Gruppen zusammengefaßt werden können. Hierzu gehören Blattgemüse, Wurzelgewächse und das Obst.

In der halbpopulären und populären Literatur werden diese Nahrungsmittel mit Vorliebe behandelt, über ihre Wirkungen auf die „Gesundheit“ sind zahllose besondere Anschauungen verbreitet, das Tatsächliche aber, was uns über die elementaren Vorbedingungen zu einem begründeten Urteil über diese Nährmaterialien unterrichten könnte, ist im Grunde genommen, ziemlich dürtig.

Allen Nahrungsmitteln dieser Gruppe ist das gemeinsam, daß sie größtenteils aus Parenchym bestehen, welches mehr oder minder reichlich Saft in frischem Zustande einschließt, der manchmal, wie bei Salat, Spinat, Kohlrarten, auch bei der rohen Kartoffel, bereits beim Zerklünnen ohne weiteres in reichlichen Mengen ausfließt oder wenigstens in großen Mengen beim Auspressen unter hohen Druck zu gewinnen ist.

Auf einige hierher gehörige Tatsachen habe ich schon vor längerer Zeit aufmerksam gemacht.<sup>1</sup> Eine Untersuchung der Preßsäfte bei 100 Atmosphären Druck, die ich in orientierenden Versuchen mit verschiedenem Material ausgeführt hatte, ergab, daß 1 kg zwischen 100 bis 240 g Saft zu liefern vermag. Dämpft man die Gemüße, so fließt bei Blumenkohl, Salat, Kohlrabi von selbst Saft aus, die meisten aber sehen nur saftiger aus. Preßt man sie in diesem Zustand, so erhält man aber 600 bis 800 g Saft pro Kilogramm Substanz. Offenbar bedingt also die Koagulation von

Erweißstoffen auch die größere Erweichlichkeit des Auspressens. Diese Ergebnisse zwingen uns, die Menge des Preßsaffes auch vom Standpunkte der Ernährungslehre zu würdigen.

Das Nahrungsmittel besteht, wie leicht ersichtlich, also aus zwei Teilen, dem flüssigen Zellinhalt und dem Rest. Im natürlichen Zustande ist das Nahrungsmittel in den Zellen eingeschlossen und wird zunächst beim Zubereiten oder beim Genuß durch die Verletzung und Zerreibung der Zellen frei. Die mechanische Verarbeitung vor dem Verzehren ist sehr ungleich; bei der Kartoffel, die roh nicht aufgenommen wird, findet entweder die Zerkleinerung in der Küche statt oder die Kartoffel zerfällt schon beim Kauen zu Brei, die Mohrrüben werden zerkleinert und gekocht und dann weiter durch Kauen zermahlen. Salat meist nur durch Kauen für die Verdauung vorbereitet, Spinat dagegen in der Küche zu Brei verarbeitet, ohne Kautarbeit zu beanspruchen, verzehrt, die Schwarzwurzel roh zerkleinert und gekocht, die Äpfel zumeist roh gegessen und dann nur durch den Kauakt vorbereitet.

Wie groß die Menge der leicht auslaugbaren Nährstoffe ist, hat bisher keine nähere Beachtung gefunden, obschon ihre Kenntnis zweifellos zur Beurteilung des Nährwertes selbst von einiger Bedeutung wäre. Freilich darf man von vornherein nicht erwarten, daß alle analytisch feststellbaren, leicht auslaugbaren Stoffe auch in der praktischen Ernährung vollwertig zur Geltung kommen, da die Zerkleinerung des Materiales ja nicht immer eine vollkommene ist.

Abgesehen von dem Saft bleibt bei jeder dieser Auspressungen mehr oder minder reichlich Unlösliches zurück, die Natur dieses Unlöslichen ist nur zum Teil bekannt. Bei Betrachtung der hierher gehörigen Nahrungsmittel vom chemischen Standpunkt fällt uns auf, daß ihr Gehalt an Rohfaser, nach den bisherigen analytischen Methoden betrachtet, relativ sehr groß ist, wenn man ihn auf die Trockensubstanz berechnet und daß andererseits die Mengen der N-freien Extrakte oft sehr gering bei großem Zelllosegehalt sein kann. Wenn man bedenkt, daß nach meinen bisherigen Versuchen der Gehalt der Zellmembranen an Rohfaser oft gar nicht sehr groß ist, jedenfalls nicht den quantitativ überwiegenden Teil darstellt, so führt diese Überlegung zu dem Resultate, manche der im Gebrauch befindlichen Gemüße dieser Art seien möglicherweise mehr Genußmittel als Nahrungsmittel, wodurch ihre Stellung in der Diätetik nicht streitig gemacht wird.

Jedenfalls besteht die Möglichkeit, durch Bestimmung der Zellmembranen eingehender die Gruppe der N-freien Extrakte zu prüfen und jene Teile, die bisher mangels geeigneter Methoden dabei mit in Anrechnung

<sup>1</sup> Max Rubner, Die Bedeutung des Gemüses und Obstes in der Ernährung. *Hygienische Rundschau*. 1905. Nr. 16.

kamen, zu kitzeln und auf ihr richtiges Maß zurückzuführen. Zugleich aber entsteht wieder die neue Frage, welche Teile solcher Zellmembranen der Verdauung unterliegen und resorbiert werden können. Wenn schon, wie ich gezeigt habe, das Splintholz selbst angegriffen werden kann, so ist das auch von den Zellmembranen der Gemüße zu erwarten.

Die Zerkleinerung im Munde ist bei den genannten Nahrungsmitteln oft sehr unvollkommen, das läßt sich ohne weiteres bei der Untersuchung des Kotes erkennen. So finden sich bei Salatgemüß, bei anderen Blattgemüßen, bei Mohrrüben, auch bei Obst anscheinend völlig unveränderte Teile, die sich auch im gemischten Kot durch Dekantieren und Schlämmen mit Wasser sichtbar machen lassen. Niemals habe ich bei verdauten Blattgemüßen die Ausbildung bestimmter Lockerrungen im Gewebe gefunden, die als Lösung einer Binde- und Kittsubstanz hätte aufgefaßt werden können, wobei sich also bestimmte Richtungslinien für die Zerreibung ausgebildet hätten. Gewiß aber werden so gut wie bei Birkenholz und wie bei der Kleie der Zerealien auch lösende Eingriffe im Darm wirksam werden.

Die unverdaulichen Reste scheinen aber bei manchen hierher gehörenden Nahrungsmitteln sehr erheblicher Natur zu sein, das ging schon aus den Verdauungsversuchen am Menschen hervor, die ich mit einigen Gemüßen durchgeführt habe.<sup>1</sup>

Man braucht die dort aufgeführten Zahlen nur anders zu gruppieren, um über die wesentlichsten Eigentümlichkeiten der Resorption der Vegetabilien ein klares Bild zu erhalten. Die Kotbildung besteht fast stets aus zwei Teilen, dem eigentlichen Stoffwechselanteil, der von den Besonderheiten der Inanspruchnahme der Verdauungsdrüsen und ihren Leistungen abhängig ist oder durch Reizung des Darmes entstanden ist und ferner aus den Resten des Nahrungsmittels. Der Stoffwechselanteil hängt von der Natur der Nahrungsstoffe ab, er ist an Menge verschieden, vielleicht auch in der Zusammensetzung verschieden, wenn man Fleisch gibt, oder wenn man Stärke und Zucker gibt, in beiden Fällen vollkommene Resorption vorausgesetzt. Der Stoffwechselanteil variiert nicht ganz mit der Menge der zugeführten Substanz, was begreiflich ist, da auch im Hungerzustand Kot gebildet wird, um so mehr wie ich beobachtet habe, je größer der Eiweißnussatz ist. Der unresorbierte Kotanteil hängt ganz von der Menge der Nahrungszufuhr ab, das habe ich durch die vor kurzem mitgeteilten Versuche mit Birkenholz nachgewiesen. Nach dieser kurzen Auseinandersetzung, die ich für notwendig halte, weil auf diese Besonder-

heiten der Kotbildung in der Literatur keineswegs geachtet wird, will ich einige meiner früheren Ergebnisse über die Verdaulichkeit der Vegetabilien am Menschen hier anführen.

Ich hatte gefunden:

	Täglich aufgenommene Trockensubstanz g	Kot organisch g	N-Menge im Kot g
Kuchen aus feinsten N-freier Stärke	601	23.1	1.33
Reis . . . . .	552	23.6	2.13
Mais . . . . .	641	41.3	2.27
Weizenbrot (feines Mehl) . . . . .	439	21.0	1.95
Wirsing . . . . .	406	59.2	2.40
Gelbe Rüben . . . . .	352	71.1	2.02
Vollkornbrot-Weizen . . . . .	617	67.5	3.50
Weißbrot, feines Mehl . . . . .	615	22.4	2.17
Schwarzbrot . . . . .	765	105.6	4.26

Von diesen Ergebnissen kann der Versuch mit feinstem Stärkemehl als Ausgangspunkt genommen werden, er stellt im wesentlichen eine Kotbildung dar, die als Stoffwechselrest zu betrachten ist, sowohl nach der Masse seiner organischen Stoffe, wie hinsichtlich der N-Ausscheidung. Sein Ergebnis zeigt, wenn man mit reiner Fleischnahrung vergleichen will, eine größere Darmtätigkeit bei der Resorption von Stärkemehl an. Die Stellung der übrigen Nahrungsmittel ist klar ausgeprägt.

Bei relativ kleiner Nahrungsaufnahme ist bei Gemüßen die Kotbildung erheblich, die N-Ausscheidung jedenfalls gesteigert, aber nicht in dem Maße, wie es durch die Hinzufügung der Kleie beim Brot geschieht und bei letzterem noch durch starke Gärung beim Schwarzbrot vermehrt werden kann.

Die Menge der organischen Substanz des Kotes ist bei allen Nahrungsmitteln, die nur minimale Quantitäten von Zellulose haben, also sehr gering, wenn auch reichlicher, als bei reiner Fleischfütterung. Reis, Weizenbrot können als die Typen der bestresorbierbaren Zerealien angesehen werden und zwar zeigt sich dabei die Menge des Kotes in weiten Grenzen von der Menge der Zufuhr unabhängig, im Mittel läßt sich sagen, es beträgt die tägliche Ausscheidung bei 439 bis 615 g täglich aufgenommenen Trockensubstanz 22.3 g organischen Kot mit 2.08 g N pro Tag. Von dieser Grenze weichen

<sup>1</sup> *Biologie*. Bd. XV. S. 115.

der Mais	mit 19.0 g und + 0.19 g N
der Wirsing	„ 36.9 „ „ + 0.32 „ „
die gelben Rüben	„ 48.8 „ „ + 0.44 „ „
Vollkornweizenbrot	„ 45.2 „ „ + 1.72 „ „
Schwarzbrot (Roggenbrot)	„ 83.3 „ „ + 2.18 „ „

täglich ab.

Man könnte kaum eine Zusammenstellung wählen, die uns klarer die wesentlichen Unterschiede der Resorbierbarkeit darthut. An der letzteren wird auch nichts geändert, wenn selbst sehr reichlich Fettmengen (150 bis 200 g) täglich genossen werden. Fett stört nach meinen Beobachtungen in bestimmten Grenzen die Resorptionsverhältnisse der Kohlehydrate nicht wesentlich. Zwei wichtige Tatsachen lassen sich daraus folgern, daß offenbar die Zellmembranen und Zellhilfen in erster Linie als Nahrungsvorluste wirken, und daß vor allem die Zellhilfen, welche man wegen ihres hohen N-Gehaltes schätzt, auch diejenigen sind, welche die größten N-Verluste erreichen.

Die Wirkung der Zellmembranen bei den Wurzel- und Blattgemüsen, das ist aus den Experimenten an Wirsing und Möhren zu sehen, läßt sich nicht verkennen. Die Kotbildung ist erheblich gesteigert. Dies wenigstens genügt, um auch vom praktischen Standpunkte eine nähere Aufklärung zu wünschen.

Die nachstehenden Betrachtungen werden zweifellos auch dazu führen, eine gerechte Preisbewertung der Gemüße durchzuführen, die bisher natürlich auf einem schwankenden Boden stand.

Die Hauptaufgabe der nachfolgenden Untersuchungen erstreckte sich einmal auf die Feststellung der Menge und Art der Zusammensetzung der Zellmembranen, dann aber auf die Trennung zwischen den Mengen der leicht aus den Zellen austretenden Saftanteile von dem fester zurückgehaltenen und deren Zusammensetzung. Dabei wurden namentlich die fäulnisbildenden Substanzen, die im folgenden kurzweg als Pentosen oder Pentosane bezeichnet werden, einer näheren quantitativen Prüfung unterzogen.

Zur Methode der Ausföhrung mag folgendes bemerkt sein:

Die Zellmembranen aller untersuchten Nahrungsmittel zeigen sich als äußerst lockere, zarte, weiße Massen, die teilweise so leicht waren, daß sie vor dem Luftzug geschüttelt werden mußten. Ein einfaches Auswaschen der Niederschläge auf den Filter ist vielfach ausgeschlossen, vielmehr muß man sie meist für die Extraktion mit Alkohol und Äther vom Filter spülen und im Kolben längere Zeit behandeln. Dies gelingt aber nur, wenn man eine Analyse ohne Unterbrechung durchführt, die Substanzen

dürfen nie auf dem Filter trocken werden. Richtig behandelt und bei sorgfältiger Wahl der Filter entstehen nie Schwierigkeiten des Filterrens und des AblöSENS vom Filter. Getrocknet wird die vom Filter abgenommene Substanz in Wiegegläsern.

Die Beseitigung der in den Zellen eingeschlossenen Eiweißstoffe der Pflanzen verursacht in manchen Fällen ganz besondere Schwierigkeiten, in anderen läßt sich der N bis auf kleine unwesentliche Reste leicht entfernen. Ich war daher genötigt, ziemlich umfangreiche Versuche hierüber anzustellen, deren Ergebnis vielleicht sich noch verbessern läßt, aber immerhin ein Verfahren gezeitigt haben, das dem praktischen Ziele sehr nahe kommt.

Das Ausgangsmaterial war möglichst weitgehend zerkleinert, doch unterblieb die Anwendung der Kugelmühle, da dies auch bei der Ausföhrung der Versuche wegen der enormen Abgabe von Mineralbestandteilen in ihrer heutigen Herstellung doch ohne Zweck ist, wo es sich um eine Bestimmung unlöslicher Bestandteile handelt, mit denen sich das abgeriebene Porzellan u. dgl. vermenget und „Asche“anreicherungen von 50 und 60 Prozent der Trockensubstanz bedingt. Ich wählte für die Versuche eine möglichst proteinreiche Substanz. Das eiweißreichste Material war unter den untersuchten Nahrungsmitteln der Spinat, wie reich derselbe an Rohprotein ist, zeigt sich sofort, wenn man die Zusammensetzung der Trockensubstanz sich betrachtet, eine untersuchte Probe enthielt 5.60 Prozent N = 35.37 Prozent Protein; berechnet man auf aschefreie Substanz, so wäre das ein Gehalt von 45.84 Prozent Protein. Die Menge der Nichtproteinstickstoffe im Spinat ist nicht bedeutend. Die Auflösung der Eiweißstoffe geschieht in erster Linie durch Wasser oder durch Diästaselösung (zum Lösen der Stärke); zwischen beiden zeigt sich in der Wirkung, wie vorausgesehen war, kein Unterschied; das Wasser löst in allen Fällen bei pflanzlichen Nahrungsmitteln mehr oder weniger in der Siedehitze koagulables Eiweiß, wie man beim nachträglichen Erhitzen der wässrigeren Ansätze an der Gewinnung des Eiweißes erkennen kann, daher zieht man zunächst mit lauwarmem Wasser und erst dann mit heißen Wasser aus. Von den eiweißverdauenden Fermenten wirkte das Pepsinpräparat weit weniger kräftiger als Pankreatin bei einem Sodagehalt von 1 bis 2 Prozent. Die zahlenmäßigen Belege zeigen kurz den Effekt.

Von 100 Teilen N des Spinates hinterbleiben	
nach Behandeln mit Wasser . . . . .	58.8
„ „ „ Diästase . . . . .	61.3
„ „ „ der Pepsinverdauung . . . . .	40.7
„ „ „ der Pankreasverdauung . . . . .	19.6

Während in manchen Fällen durch Chloralhydratlösung Eiweißstoffe leicht in Lösung gehen, zeigte sich an diesem Objekte die Wirkung nur als unvollkommen, stets blieb ein Teil des Eiweißes ungelöst.

Freilich muß man es offen lassen, ob es sich in allen Fällen um an sich unlösliches Eiweiß oder nur darum gehandelt hat, daß ein Teil des Eiweißes, wie ich es zuerst für den Kleber nachgewiesen habe, in impermeablen Zellhüllen eingeschlossen war.

Von 100 Teilen des Spinates hinterbleiben:

	Ohne Chloralhydrat- extraktion	Nach Chloralhydrat- extraktion
Bei Spinat nach Diastasebehandlung . . . . .	61.3	30.8
" " " Pankreatinbehandlung . . . . .	19.6	10.6
Nach Pepsin-Pankreatinbehandlung . . . . .	6.5	6.5

Die Behandlung von Chloralhydrat ist von Wert und nimmt einen Teil der N-Verbindungen mit fort. Solange noch reichlich N vorhanden war, nahm Chloralhydratextraktion rund die Hälfte weg, als aber durch die der Pepsinbehandlung folgende Pankreatinbehandlung der N auf 6.5 Prozent des ursprünglichen Gehaltes gesunken war, löste auch Chloralhydrat nichts weiter auf.

Daraus läßt sich entnehmen, daß man das Protein wirklich bis auf einen kleinen Teil beseitigen kann, auch wenn es in so großen Mengen wie beim Spinat auftritt, aber doch nie ganz, so daß man doch genötigt ist, in den meisten Fällen noch eine N-Bestimmung auszuführen. Unter dieser Voraussetzung hat es dann auch wenig Wert, die auszuführenden Extraktionsmethoden noch um die Anwendung eiweißverdauender Substanzen zu vermehren.

Bei der Pankreatinbehandlung war bemerkbar, daß nicht nur der Eiweißgehalt, sondern auch der Gehalt an Zellmembran, wie es scheint, verringert wurde. Ich habe daher diese Verdauung mit Pancreatins beiseite gelassen, auch jene mit Pepsin, da dieses an sich keine große Wirksamkeit entfaltet und mich darauf beschränkt, im allgemeinen mit Wasser, das mit Diastase versetzt war, zu verdauen und zu extrahieren, dann mit Alkohol und Äther zu behandeln und den nach Chloralhydratextraktion verbleibenden Rest, der wieder heiß mit Alkohol und Äther extrahiert wird, auf N zu untersuchen. Als Beispiele der Ergebnisse bei verschiedener Vorbehandlung gebe ich noch die Menge proteinfreien berechneten Rückstandes, der pro 100 g Spinatrockensubstanz gefunden wurde:

Mit Wasser ausgezogen . . . . .	26.31
mit Diastase . . . . .	27.23

mit Pepsin verdaut . . . . .	27.72
mit Pankreatin . . . . .	23.44

In vielen auch sonst untersuchten Fällen nimmt Chloralhydrat noch einen Teil von Stoffen mit, die als Verunreinigung der Zellmembran angesehen werden können.

Pro 100 Teile Spinat ergab sich an proteinfreier Trockensubstanz:

	Ohne Chloralhydratbehandlung	Nach Chloralhydratbehandlung
bei Diastaseanwendung . . . . .	27.23	25.92
" Pankreatinanwendung . . . . .	23.44	21.01

Die Unterschiede sind auch bei manchen anderen Nahrungsmitteln ähnlich, aber manchmal auch viel größer, z. B. bei Meerrettig, bei dem der einfache Wassereextrakt 32.81 Prozent asche- und proteinfreien Rückstand liefert, nach Chloralhydratbehandlung aber nur 28.46 Prozent beträgt.

### Wurzelgewächse.

#### Die Kartoffel.<sup>1</sup>

Die Kartoffel als Nahrungsmittel zeichnet sich durch ihren hohen Wassergehalt aus, dieser kommt dem Konsumenten ebenso wenig zum Bewußtsein wie der Wassergehalt des Brotes, denn im Zustande der Zubereitung nach dem Erhitzen macht die Kartoffel den Eindruck einer trockenen Speise. Der hohe Wassergehalt wird aber sofort beim Zerkleinern der rohen Kartoffel sichtbar, besonders beim Schaben, Zerwiegen usw., die Zellverbände werden zerrissen und der Saft tritt aus. Die Oberfläche der rohen Kartoffel färbt sich unter der Einwirkung der Oxydase schnell braun, wie Äpfel- und Birnenschnitten braun werden und wie bei letzteren vernichtet die Einwirkung schwefliger Säure die Braunfärbung. Der mechanisch ausgepreßte Saft hat meist die Tendenz, sich wie die Schnittfläche der Kartoffel rasch zu bräunen und nimmt schließlich eine tiefbraune Farbe an bis Tintenschwarz. Doch habe ich ausnahmsweise auch beobachtet, daß der erste ausgepreßte Saft farblos bleiben kann, indes die späteren Portionen sich aber braun färben. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Vorgängen um die Einwirkung einer Reihe von Fermenten, die erst durch die Zerstörung der Zellen in Freiheit gesetzt wurden. Bei 100° werden sie zerstört. Alle Preßsäfte geben starke Diastasereaktion. 1 kg frischer Kartoffeln lieferte im Durchschnitt bei 300 Atmosphären 530 g Saft, der klar ist, aber bald dunkelt und schwarz wird.

<sup>1</sup> Ohne Schale.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der Kartoffel wird für 100 Teile trocken zu 7.90 Rohprotein, 0.59 Fett, 83.16 N-freie Extrakte, 3.98 Zellulose, 4.34 Asche bei 24.3 Prozent Trockensubstanz und 75.7 Prozent Wasser angenommen.

Zu meinen Untersuchungen benutzte ich die im Frühjahr 1915 erhaltlichen alten Kartoffeln, welche im Mittel 24.94 Prozent Trockensubstanz gaben. Ihr Gehalt der Trockensubstanz an Pentosen war 6.24 Prozent (wovon 45.2 Prozent Methylverbindungen). Von 100 Teilen N der Kartoffel gingen 67.99 Prozent in den Preßsaft über. Nach Schilze und Barbieri<sup>1</sup> sollen sogar bis 81.1 Prozent in dem Saft enthalten sein, die einzelnen Sorten verhalten sich vermutlich verschieden.

Von 100 Teilen Kartoffeln wurden, wie oben angegeben, 53 g Saft erhalten, welcher 1.64 g Trockensubstanz und 0.352 g Asche enthielt. Von 75.1 g Wasser der Kartoffel konnte also 51.4 g ausgepreßt werden, und 23.7 Teile blieben im Preßrückstand, der annähernd aus gleichen Teilen festen Stoffen und Wasser bestand. Diese Zahlenverhältnisse kann man fast als eine Regel ansehen, sie kehren auch bei tierischen Substanzen wieder.

Der Kartoffelsaft bleibt beim Erwärmen der Kartoffel nicht mehr frei, es findet vielmehr schon frühzeitig eine festere Bindung von Wasser statt, welche anfänglich dem Drucke wenig, mit steigender Temperatur aber starken Widerstand leistet. Von demselben Kartoffelvorrat habe ich aliquote Teile auf 50, 60, 70° längere Zeit erwärmt und dann unter Anwendung einer einfachen Spindelhandpresse ausgepreßt und an Saft gefunden:

Bei roher Kartoffel . . . . .	50 g
erwärmt auf 50° . . . . .	26 "
„ „ 60° . . . . .	24 "
„ „ 70° . . . . .	0 "

Die Wasserbindung an die Stärke war also schon bei 50° nachzuweisen. Anders werden die Resultate, wenn man unter Verwendung von Kieselgur bei 300 Atmosphären auspreßt. Es wurde dann für dieselbe Kartoffel und dieselbe Kartoffelmenge gefunden:

Roh . . . . .	50 cem Preßsaft
bei 50° . . . . .	49.6 "
„ 60° . . . . .	48.4 "
„ 70° . . . . .	38.0 "

<sup>1</sup> Zt. bei König. Bd. II. S. 896.

Bis 60° ist also hier ein Auspressen des Wassers noch möglich, dann fällt die Menge des Preßsaftes. Die den Saft schwärzenden Oxydosen sind bei 70° noch nicht ganz zerstört, die Diastaseaktion wird schwächer.

Bei 70° waren in der ausgepreßten Kartoffel auf 100 Teile angewandter Substanz 0.121 g N geblieben und 0.068 g N waren in den Preßsaft übergegangen.

In einer anderen Reihe waren in 10 g Preßsaft (Versuch mit Spindelpresse)

bei Zimmertemperatur ausgepreßt . . . . .	0.0235 g N
bei 50° . . . . .	0.0250 "
bei 70° . . . . .	0.0182 "

Unter Ausfällung koagulabler Eiweißstoffe nimmt also der N-Gehalt im letzten Falle ab. Dabei ist zu berücksichtigen, daß auch die Mengen des Preßsaftes sich ändern und mit steigender Temperatur geringer werden.

Der Zellulosegehalt betrug nur 2.259 (organische Substanz, Pentosen wurden nicht bestimmt) für 100 Trockensubstanz bei 2.69 Prozent Asche der letzteren.

Im Preßsaft der rohen Kartoffel wurden Trockensubstanz, Asche und Pentosen bestimmt.

Die Wirkung des Auspressens ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

	Pro 100 g frisch			
	Trockensubstanz	Asche	Organ. Substanz	Pentosen
Die ursprüngliche frische Substanz enthält . . . . .	24.92	1.082	23.84	1.555
Der Preßsaft enthält . . . . .	1.64	0.352	1.29	0.078
Im Preßsaft sind Prozent der ursprünglichen Substanz . . . . .	6.58	32.53	5.41	5.01

Der Preßsaft enthält den größten Teil des N der Kartoffel, wie schon erwähnt wurde und nach Vorstehendem einen großen Teil der Asche, während der sonstige Verlust an Trockensubstanz, wie man sieht, nicht erheblich ist. Gering ist auch die Menge der Pentosen im Preßsaft.

Die Kartoffel scheidet nach diesen Ergebnissen und im Hinblick auf die Wirkung der Erwärmung von den pflanzlichen Nahrungsmitteln aus, bei denen dem Preßsaft oder Zellsaft eine die Verdauung erleichternde

Eigenschaft zugeschoben werden könnte. Wenn man freilich über die Art oder das Bestehen einer lockeren Bindung von N-Substanzen oder der Salze beim Quellen der Stärke nichts aussagen kann, so wird doch auch im begehenden Falle diesem Umstande wenig Bedeutung zugeschrieben werden können. Jedenfalls bleibt ein Teil der Extraktivstoffe oder Salze auch in der auf 100° erhitzten Kartoffel frei für den Speichel zugänglich, wie sich aus dem Geschmacke der garen Kartoffel ohne weiteres folgern läßt.

Die in der Kartoffel enthaltenen Pentosen können zunächst ihre Herkunft nach auf den Gummigehalt der ersteren zurückgeführt werden; es sollen<sup>1</sup> Dextrin und Gummi zusammen 0.64 Prozent der frischen Kartoffel ausmachen = rund 2.56 Prozent der Trockensubstanz. Daneben muß also mindestens noch eine weitere Quelle der Pentosen vorhanden sein. Nach den bisherigen Erfahrungen werden die Zellmembranen und Gefäße des Parenchyms ins Auge gefaßt werden können. Der Zelllosegehalt der entschälten Kartoffel ist gering, wenn man ihn etwa mit dem Vollkornmehl vergleicht (etwa 4.26 Prozent Zelllose), aber doch wieder erheblich im Vergleich zu den feinen Weizenmehlorten, die unter teilweiser Abtrennung der Kleie entstehen.

Der Gehalt an Zellmembranen ist natürlich um ein Mehrfaches größer als der Zelllosegehalt. Da die Angabe sich in der Literatur findet, die Kartoffelzellwände würden durch die Diastase der Kartoffel angegriffen, so sehen mir die Darstellung der Zellmembranen nicht sehr aussichtsreich.

Es mag aber das Resultat eines solchen Versuches angeführt werden. Die Stärke wurde mit käuflicher Malzdiastase aufgelöst, was aber nicht völlig gelang, obsehon zweimal abfiltriert, wieder aufgeschwemmt und mit weiterer Diastase verdaut wurde; Chloralhydrat löste aber die Reste der Stärke auf. Die Menge der organischen Zellmembranen betrug 5.59 Prozent der Trockensubstanz, wovon 5.55 Prozent Pentosane = 0.31 g.

Die Zusammensetzung der Zellmembranen des Parenchyms berechnet sich danach annähernd für 100 Teile organische Substanz zu

40.72 Prozent Zelllose,	
5.55 „ „ Pentosane,	
53.73 „ „ Rest.	

Der Zelllosereichtum dieser Membranen ist also bedeutend, dagegen der Pentosangehalt gering. Bei der geringen Menge von Zellmembran und deren geringen Pentosengehalt trifft auf sie nur ein kleiner Teil der

<sup>1</sup> König. Bd. II. S. 897.

Gesamtpentosen. Die Verteilung der Pentose ist folgende: Von 100 Gesamtpentosen sind

in den Zellmembranen . . . . .	20.0 Prozent
im Zellsaft . . . . .	5.01 „
im Rest . . . . .	74.99 „

Was die Ausnutzbarkeit der Kartoffel anlangt, so habe ich zuerst bewiesen, daß Mengen, welche zur Ernährung eines kräftigen Arbeiters hinreichen, nicht günstig ausgenutzt werden, obsehon gleiche Mengen Weißbrot aus Weizen gut ertragen werden<sup>1</sup>, für kleine Kartoffelmengen (2000 bis 2500 Kal. pro Tag) liegen die Verhältnisse günstiger, wie sich aus Versuchen von Konstantinidi<sup>2</sup> und weiteren eigenen Versuchen gezeigt hat.<sup>3</sup> Die Ausnutzung entspricht etwa dem kleinem Weißbrot und ist mit Bezug auf die N-Substanz sogar günstiger. Die Zellmembranen der Kartoffel sind an Masse viel geringer wie die des Vollkornbrotes. Kann halb so viel und offenbar viel zarter und zerkleinerbar. Daher fehlt auch der Einfluß auf eine Hemmung der Eiweiß- und der Stärkeresorption.

Ein Vergleich der Zellmembranen des Brotgetreides mit der Kartoffel zeigt folgende Verhältnisse. In 100 Teilen Zellmembranen sind:

	Brotgetreide	Kartoffel
Zellulose	29.47	40.72
Pentosane	40.48	5.55
Rest	30.05	53.70

#### Kartoffelschalen.

Die Kartoffelschalen scheiden bei einer Betrachtung der Rolle dieser für die menschliche Ernährung aus. Sie könnten also auch hier außer Betrachtung bleiben, doch dienen sie als Tierfutter. Außerdem aber schienen sie mir von einigem Interesse im Vergleich zu anderen Häuten bei Früchten usw. Auch bei dem Kochsatt wird man auf ihre besonderen Eigenschaften aufmerksam gemacht.

Die Kartoffel ist eben nach außen durch ihre Epidermis geschützt, die offenbar dem Eindringen fremder Substanzen einen guten Widerstand entgegensetzt. Manchmal hält sich die Schale tadellos glatt, in sehr vielen Fällen bemerkt man horkige Stellen, manchmal sogar von sehr erheblicher Ausdehnung. Es ist die an den Oberhautzellen nicht seltene Verkorkung eingetreten. Mit Rücksicht auf dieses pathologische

<sup>1</sup> *Zeitschrift für Biologie*. Bd. XV. S. 146.

<sup>2</sup> *Ebenda*. Bd. XXIII. S. 458.

<sup>3</sup> *Archiv für Hygiene*. Bd. XLII. S. 274.

und mehr zufällige Moment wird man von einer einheitlichen Zusammensetzung der Schalen vielleicht nicht reden können, da ja der Gehalt an Korksubstanz, Suberin, mehr oder minder in den Vordergrund treten kann. Unverletzte Kartoffeln ändern weder beim Kochen noch beim Dämpfen ihr Gewicht, das Stärkemehl verfällt nicht der allgemeinen Verkleisterung, sondern beschränkt sich darauf, daß es das in der Kartoffel enthaltene Wasser bindet, seine Festigkeit bewahrt, aber doch leicht verdaulich wird.

Die Parenchymzellen im natürlichen Zustande, die Stärkekörnchen in ihrer charakteristischen Form enthaltend, sind nach dem Erhitzen auf 100° gleichmäßig von der geguollenen Stärke erfüllt. Diese eigene Wassermenge reicht zu einer eigentlichen Kleisterbildung nicht aus, sondern erreicht nur eine Veränderung, die die mehligte Beschaffenheit der Kartoffel empfinden läßt. Die Grade der mehligten Veränderung sind sehr verschieden, manehmal nimmt die Kartoffel beim Erhitzen nur eine seifige, harte Beschaffenheit an. Man hat den Eindruck, als seien solche Exemplare weniger gut verdaulich als andere, jedenfalls können sie Beschwerden hervorrufen. Die Schale bietet auch dem Eindringen von Salzen einen erheblichen Widerstand, während bei der entschlachten Kartoffel der osmotische Austausch zwischen Salzlösungen und dem Zellinhalt schnell erfolgt. Von den zahlreichen, hierüber angestellten Versuchen, mögen hier einige Ergebnisse erwähnt sein, die ich beim Einlegen der Kartoffel in Kochsalz erhalten habe.

In Kochsalz eingelegt, verliert die Kartoffel mit Schale nur wenig an Gewicht, während die geschälte stark abnimmt unter reichlicher Aufnahme von Kochsalz. In 2 Tagen erhält man aus geschälter Kartoffel einen Preßsaft von 14 Prozent ClNa. Kochsalzlösung, welche über geschälten Kartoffeln stellt, färbt sich durch osmotisches Austrreten des Saftes rasch braun, während die Kartoffel selbst farblos bleibt. Das aufgenommene Kochsalz diffundiert durch die geschälten Kartoffeln leicht nach außen gegen Wasser. Aus der im Kochsalz aufbewahrten Kartoffel geht beim Kochen fast nichts nach außen. In zwei Tagen hatten die unverletzten Kartoffeln einen Gehalt von 1.27 Prozent Kochsalz, der fast ganz in den Preßsaft übergeht. In 4 Wochen erreichten Kartoffeln mit Schale 1.65 Prozent Kochsalz, geschälte 7 bis 14 Prozent. An N verlor die unverletzte Kartoffel 5.7 Prozent, die geschälte 38.3 Prozent. Verschiedentlich beobachtete Unterschiede im Kochsalzgehalt ungeschälter Kartoffeln beruhen wahrscheinlich auf Verletzungen der Schale.

Die Schalen wurden durch Erhitzen nicht nennenswert durchgängiger für Salz, wohl aber durch vorheriges Einlegen in Äther, nicht durch Einlegen in Alkohol.

Zu den Versuchen wurden Schalen der Eßkartoffel gesammelt, welche, von gekochten Kartoffeln abgezogen, unter Beseitigung anhaftender eßbarer Teile oder der „Augen“ abgezogen waren. Glatt waren nicht alle Teile, aber stark verbotzte Stellen waren doch beseitigt. Die anhaftende stärkelartige Masse wurde erst durch Aufschwimmen und Kneten im warmen Wasser mit der Hand entfernt, dann zweimal mit Diastase bei 45° verdaut und jedesmal mechanisch mit der Hand das Material gerieben, dann die blätterige Masse einzeln herausgenommen, unter Beobachtung noch anhaftender fremder korkiger Reste ausgesucht und mit warmem Wasser gewaschen, an der Luft dann bei 100° getrocknet und zu einem Mehl zerrieben. Die hinterbliebene Menge brauchbaren Materials war schließlich nicht allzu groß. Die reine Schalenmasse macht auch im Vergleich zu dem Parenchym der Kartoffel selbst einen sehr geringen Bruchteil an Gewicht aus. Die großen Nährwertverluste beim Schälen entstehen ja durch die anhaftenden eßbaren Teile.

Die Schale der Kartoffel zeigt eine von der Weizen- und Roggenkleie ganz verschiedene Zusammensetzung, bei letzteren war der enorme Pentosengehalt das Bemerkenswerteste; die Kartoffelhaut ist dagegen relativ arm an Pentosen = 8.92 Prozent der Trockensubstanz (davon 7.5 g Methylpentosen) bei einem Aschegehalt von 7.65 Prozent. Schon daraus folgt, daß die Zellmembranen der schaligen Teile nicht allgemein als eine wesentliche Pentosenquelle anzusehen sind.

Was den Gehalt an Zellulose anbelangt, so war derselbe recht hoch = 49.12 Prozent organischer Zellulose pro 100 g Trockensubstanz, wobei aber noch 1.12 g Pentosane in Abzug kommen.

Somit ist die Gesamtzusammensetzung für 100 Teile Trockensubstanz

7.65 Prozent Asche,	
8.92 „ Pentosen = 7.88 Pentosane,	
48.00 Zellulose, asche- und pentosanfrei.	

Die Zellulose war lichtbraun, nicht völlig weiß.

In 100 Teilen aschefreier Kartoffelschalen sind

51.87 Reinzellulose,
8.55 Pentosane,
39.58 Rest.

Gegenüber den Hüllen des Brottgetreides liegt der Unterschied in dem Reichturn an Zellulose und der Armut an Pentosen. In dem Rest kann aber auch noch Korksubstanz enthalten sein. Über das Verhalten der letzteren zu den bei der Darstellung der Zellulose angewandten Reagentien habe ich Angaben nicht finden können.

## Die Korksubstanz.

Die Untersuchungsergebnisse der Kartoffelschalen lassen eine gewisse Unsicherheit offen, jedenfalls kann den sonstigen Bestandteilen der Zellmembranen hier auch die Korksubstanz mit beigemengt sein, obschon ich rein mechanisch die stark veränderten Härte auslesen und beseitigt habe. In welcher Weise aber die analytischen Ergebnisse durch die Korksubstanz bei der angewandten Methode beeinflusst werden können, habe ich durch einige Experimente, welche die wesentlichsten Punkte, die im Zusammenhang mit der Durchführung meiner Analysen standen, anzuklären versucht. Das Ausgangsmaterial war guter Handelskork der besseren Sorte von Pfropfen, die ich mit der Feile zeitweilen ließ.

Die Verkorkung trifft hauptsächlich die äußeren Membranen von Pflanzen, die sie dadurch für Wasser und gelöste Substanzen undurchgängig macht. Sie kommt aber auch für die inneren Teile in Betracht, mit der gleichen biologischen Aufgabe, Gefäße u. dgl. gegen die Umgebung zu isolieren und abzuschließen. Der Kork des Handels ist ein Gemenge verschiedener Körper, unter denen die Korksubstanz die Hauptmasse ausmacht. Die Entstehung der Korksubstanz ist nicht ganz aufgeklärt, die Meinungen noch unstritten. Geza-Zemplen<sup>1</sup> gibt an, die Korksubstanz liefere bei den üblichen Methoden der Zellulosedarstellung (worunter die Rohfaserbestimmung gemeint ist) ein Produkt, das im Äußeren und in der Löslichkeit an Zellulose erinnere, aber doch bestimmte Unterschiede zeige. Der fein geraspelte Kork wurde mit Alkohol extrahiert, wobei unter Braumfärbung eine Reihe Substanzen entfernt wurden, dann mit Äzeton und schließlich mit Äther behandelt. Freilich bleibt es unsicher, ob alle diese Extraktionsmittel auch bei langer Anwendung die oft sehr dichten Zellen der Korksubstanz genügend durchdringen. Manche Teilchen verlieren z. B. die Schwimmfähigkeit nur sehr langsam. Als allgemeine Zusammensetzung wird für die Handelsware 70 bis 80 Prozent Suberin, außerdem Zellulose, Gerbsäure, Phlobaphen, Phlorogluzin, Vanillin, Korkwachs, Cerin usw. angegeben. Der Aschegehalt soll gering sein. Einen erheblichen Teil dieser Stoffe dürfte die oben beschriebene Extraktion mit kochendem Alkohol, Äzeton und Äther beseitigt haben, der Aschegehalt betrug dann nur mehr 0-88 Prozent der Trockensubstanz.

Die Zellulosedarstellung litt etwas unter dem Aufsteigen kleinerer Teilehen der Korkte, durch den Luftgehalt der Korkzellen, so daß ausgiebiges Schütteln beim Behandeln mit chlorsaurer Kali unbedingt nötig ist. Auch das Auswaschen gelingt nicht leicht, ich habe die Substanz nach der Be-

handlung mit Chlorat zuerst auf den Filter ausgewaschen, dann in den Kolben zurückgebracht und mit kochendem Wasser geschüttelt; bei der Behandlung mit  $\text{NH}_3$  tritt eine tiefbraune Färbung ein.

100 Teile bei 100° getrockneten Korks lieferten 62-66 Teile organischer „Zellulose“, d. h. Substanz, welche bei der Darstellung der Zellulose mit chlorsaurer Kali sich der übrigen Zellulose beimeengt, die „Zellulose“ enthielt noch 2-34 Prozent Pentosan abzüglich dieses = 61-31 Prozent aschen- und pentosanfreie „Zellulose“. Die Gesamtpentosan des Korkes betragen 7-02 Prozent der Trockensubstanz, ihre Menge ist also nicht unerheblich. In der Zellulose steckt ein verschwindend kleiner Bruchteil der Pentosen, nur 1-35 g für 100 Teile Kork gerechnet, der fehlende Teil wird gelöst und zerstört.

Die Pentosane werden also durch chlorsaures Kali und Salzsäure auf stärkste angegriffen. Was aber als Zellulose bei Kork hinterbleibt, ist sicherlich nur zum Teil als solche zu bezeichnen, das ergibt sich aus folgendem. Nach meinen Beobachtungen eignet sich ein Gemisch aus 3 Volum Eisessig, dem so viel konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt wird, daß vier Raumteile Flüssigkeit erhalten werden, zu einer Reihe von Untersuchungen. Filtrierpapier wird in 24 Stunden in der Kälte zu einem gelatinösen Brei gelöst, aus dem man die Zellulose beim Verdünnen mit Wasser wieder ausfallen lassen kann; die Flüssigkeit gab eine äußerst schwache Trommersche Probe. Genau ebenso verhält sich die nach der Hoffmeister'schen Methode hergestellte Birkenholzzellulose, auch dabei findet eine sicher nachzuweisende Spaltung nicht statt. Versetzt man aber gewöhnliches Birkenholz, Tannenholz, Kork oder anderes ungerinigtes Material, auch die nach dem Weender-Verfahren hergestellten Rohfaser mit dem Reagens, so schwärzen sich diese Materialien aufs intensivste und werden zum Teil breiig. Kork behält aber seine krümelige Beschaffenheit.

Verwendet man aber die nach Hoffmeister aus Kork hergestellte Zellulose zu diesem Versuch, so wird sie breiig und weich, enthält aber immer noch einzelne Krümelchen. Mit Wasser angerührt, entsteht zunächst etwas suspendiertes farbloses Material, das ebenso aussieht wie die aus reinen Zellulosen hergestellten, flockigen Fällungen; am Boden des Gefäßes bleibt aber ein schwarzes Pulver, das sich leicht auswaschen läßt, weil es nach dem Aufschlänmen sich rasch setzt, das ist offenbar ein Rest der Korksubstanz, der mit der „Zellulose“ nichts zu schaffen hat.

Korksubstanz wird in Kalilösung leicht angegriffen, verdünntes Ammoniak dagegen ist ziemlich unwirksam. Wenn also die Zellulosebestimmung nach Hoffmeister ausgeführt wird und Korksubstanz vorhanden ist, muß man mit der Möglichkeit eines zu hohen Ergebnisses für Zellulose rechnen.

<sup>1</sup> *Chemisches Zentralblatt*. 1913. 2. I. S. 446.

Das Verhalten der Korksubstanz zu Alkalien verdient noch eine besondere Erwähnung, in 5 Prozent Kali gibt Kork eine tiefbraune Lösung, welche aber leicht filtrierbar ist. Unlöslich blieben 55.79 Prozent organische Substanz auf 100 Teile Trockensubstanz des angewandten Materiales gerechnet, allerdings ist aber zu berücksichtigen, daß der Kork sich mit meinen Hilfsmitteln zu einem feinen Mehl nicht verarbeiten ließ. Das Merkwürdigste dabei ist der Umstand, daß die Pentosen vollkommen in dem kaliumlöslichen Teil zurückbleiben, während ich z. B. bei Birkenholz zeigen konnte, daß der Kalieextrakt zu  $\frac{7}{10}$  aus Pentosen besteht, auch bei Kleie ist es ähnlich.

Auch die „Zellulose“ aus Kork ist kaliflöslich, prozentig sogar viel stärker löslich als der ursprüngliche Kork. 65.72 Prozent der „Zellulose“ gingen in Lösung. Das zeigt, daß mindestens  $\frac{2}{3}$  nicht reine Zellulose sind, die gelöste Substanz enthält hier fast ebensoviel Pentosan wie die „Zellulose“ selbst. Es ist mir wahrscheinlich, daß der in Kali lösliche Anteil der Zellulose größtenteils mit jener Korksubstanz identisch ist, die bei dem Behandeln der Zellulose mit Essigsäure-Schwefelsäuregemisch als braune Substanz sich abscheidet.

Dies wird dadurch bestätigt, daß diese braune Substanz sich fast ohne Rückstand in 5 Prozent Kalilösung auflöst und daß durch das mehrfache Volum Alkohol nur Spuren brauner Flocken anfallen, während die Hauptmasse als braune Substanz in Alkohol gelöst bleibt. Hat man nicht verkorkte Zellmembranen anderer Art, so geben diese stets eine weißliche Fällung ohne Färbung des Alkohols.

Aus obigen Versuchen ergibt sich also in bezug auf die Rückwirkung, welche die Korksubstanz auf die Durchföhrung der Analysen äußern wird, daß dort, wo Korkzellen reichlich vorkommen, die Menge der „Zellulose“ vermehrt wird, allerdings unter solchen Veränderungen der Eigenschaften, daß die fremde Beimengung wohl erkennbar sein wird. Für meine weiteren Untersuchungen wird die Korksubstanz kaum Einfluß auf die Resultate haben, da stark verkorkte Hüllen und Außenwände der Pflanzen nicht in Betracht kommen. Gut verkorkte Substanzen scheinen im Darne überhaupt nicht angegriffen zu werden, wenigstens hat man bei der zu Abgrenzungszwecken des Kotes benutzte Verwendung des Korkes stets Gelegenheit zu sehen, daß die Korkstückchen — anscheinend — unverändert an Zahl und Größe im Kote wieder erscheinen.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die Korksubstanz hat eine sehr beträchtliche Verbrennungswärme: 1 g = 6.793 kg-cal.

### Die gelben Rüben (Möhren).

Die Rübensorten nehmen unter den hierher gehörigen Nahrungsmitteln eine ganz hervorragende Bedeutung wenigstens nach der quantitativen Richtung hin ein. Es konnte sehr fraglich erscheinen, was hier zuerst zu prüfen wäre. Da ich aber früher Ausnutzungsversuche mit den kleinen Speisemöhren gemacht hatte, wodurch ihre Bedeutung als Nahrungsmittel wenigstens näher bekannt ist, so habe ich sie als Typ für die vielen anderen Rübensorten herangezogen. Das Material habe ich genau so vorbereitet, als wenn es in der Küche verwendet werden sollte.

Nach dem Mittel der üblichen Analysen enthalten gelbe Rüben in der Trockensubstanz 7.94 Rohprotein, 0.59 Prozent Fett, 83.16 Prozent N-freie Extrakte, 8.78 Prozent Zellulose, 4.34 Prozent Asche. Das von mir verwendete Material hatte bei 10.77 Prozent Trockensubstanz 4.57 Prozent Asche der Trockensubstanz, eine andere Sorte nur 3.51 Prozent Asche. Die N-freien Extrakte bestehen bei den Möhren wesentlich aus dem sehr reichlichen Zuckergehalt. Die Rüben gehören im allgemeinen zu den Nahrungsmitteln mit erheblichem Zellulosegehalt. Nimmt man den Gehalt der Zerealien zu 2 Prozent Rohfaser an, so haben wir hier über das 4fache von letzterer. Der Pentosegehalt betrug 8.65 Prozent der Trockensubstanz (10.1 Prozent waren Methylpentosen).

Die gelben Rüben können unter den anderen, der gleichen Gruppe angehörigen Wurzelgewächsen aber doch als Typ eines nicht sehr zellulosereichen Materiales angesehen werden.

Nach meinen Untersuchungen mehrerer Proben war der Gehalt an aschefreier Zellulose 11.65 Prozent der Trockensubstanz, nach Abzug der Pentosane 11.2 Prozent. Die Menge der Zellmembranen läßt also eine sehr erhebliche Größe erwarten.

Bei der Bestimmung der Zellhüllen durch aufeinanderfolgende Extraktion mit Wasser und Alkohol, Äther und Azeton und heißem Chloralhydrat, war besonders bemerkenswert die starke Löslichkeit des Farbstoffs in Azeton. Das Chloralhydrat hatte fast nichts mehr zu lösen, da die Substanz schon vorher durch die Extraktionsmittel erschöpft schien.

Im ganzen waren **26.38 Prozent** der Trockensubstanz asche- und proteinfreie Zellhüllen vorhanden, diese enthielten 6.60g Pentosen = 5.85 Pentosane, 100 Teile trockener Mohrrüben enthalten also:

11.2 Reinzellulose,

4.57 Asche,

8.65 Pentosen im ganzen,

26.4 asche- und proteinfreie Zellmembranen mit  
6.63 g Pentosen = 5.85 Pentosane,  
1.23 Prozent N = 7.69 Protein,  
0.60 Fett.

Da an Stelle der Zellulose nunmehr die Zellmembranen in die Analyse eintreten, so wird dementsprechend der Wert in üblicher Weise berechneter N-freien Extrakte eine Reduktion erfahren.

Die Natur der Zellmembran ist bei den Möhren sehr verschieden, z. B. von jener der Hülsen des Brotgetreides, wie folgender Vergleich zeigt.

In 100 Teilen organischer Zellmembran ist enthalten:

	Bei der gelben Rübe	Im Brotgetreide
Zellulose	42.42	29.47
Pentosan	22.81	40.48
Rest	35.27	30.05

Die Ungleichheit der Zusammensetzung betrifft hauptsächlich den Pentosengehalt, der bei den gelben Rüben geringer und die Zellulose, deren Menge bei den Möhren bedeutender ist.

An dem Birkenholz habe ich gezeigt, daß die Pentosen etwas leichter im Darm aufgenommen werden wie die Zellulose, doch ist der Unterschied wohl mehr darauf zurückzuführen, daß wir für die Pentosane offenbar Fermente im Darm zu ihrer Hydrolyse besitzen, während andere Produkte wie die Zellulose dem wandelbaren bakteriellen Angriff unterworfen werden müssen. Den Pentosanreichtum sieht man als Zeichen fortschreitender Verholzung an, die Pentosanarmut der Möhre würde uns also der Ausdruck der geringen Verholzung sein.

Ich habe aber erst noch weiter zur entscheiden, wie die Pentosen und Pentosane überhaupt sich in der Möhre verteilen.

Die gelben Rüben lassen sich leicht auspressen und gaben pro Kilogramm 669 g Presssaft bei 300 Atmosphären Druck.

Das Verhältnis zwischen der normalen Zusammensetzung und dem Presssaft ergibt sich aus folgendem.

In 100 Teilen frischer Substanz waren:

	Trocken- substanz	Asche	Organisch	Pentosen
Gelbe Rüben normal	10.77	0.812	10.46	0.922
Zellmembran organisch	—	—	2.84	—
Substanz abzüglich Zellmembran	—	—	7.62	—
Presssaft	3.73	0.121	3.61	0.107
Gesamtmasse zu Zellsaft	25.93 %	38.8	34.5	11.6
Organisches, ausschließlich Zellmembran zu Zellsaft	—	—	47.4 %	—

Bei dem großen Reichtum an Zucker geht ein großer Teil der organischen Substanz in den Presssaft über. 46.5 Prozent der Trockensubstanz werden im Durchschnitt als Zucker abgegeben, so reich scheinen die vorliegenden Möhren nicht gewesen zu sein, doch mag ein Teil des Zuckers vielleicht nicht auspressbar sein. Wenn man die Zellmembran als schwer verdaulich bezeichnen will und sie von der Gesamtmenge der organischen Substanz abzieht, so gehen 47 Prozent der leichter verdaulichen Stoffe in den Presssaft über. Die Menge der in den Presssaft übergehenden Pentosen ist gering, das erklärt sich durch folgende Zusammenstellung:

Verteilung der Pentosen in 100 Teile Trockensubstanz:

Im ganzen vorhanden	—	8.65	—
In den Zellmembranen	6.63	—	= 76.65 %
Im Saft	1.00	7.63	11.60 %
Anderweitige Pentosen, nicht auspressbar	—	1.87	12.85 %

Die Hauptmasse der Pentosen ist in den Zellmembranen enthalten, aber immerhin noch  $\frac{1}{4}$  etwa in anderen Substanzen des Parenchyms.

#### Meerrettig.

Die kleinen Speisemöhren, wie sie im vorhergegangenen untersucht wurden, können unter den Wurzelgewächsen als Typ der zellulosearmen Substanzen angesehen werden. Ähnlich werden sich die roten Rüben, Teltower Rübchen, Radieschen oder auch die Kohlraben und Sellerie verhalten. Meerrettig und Schwarzwurzel dagegen können als die zellulose-reichsten dieser Klasse (auf frische Substanz berechnet) betrachtet werden.

Ich habe daher die ersteren in analoger Weise wie die Möhren untersucht. Nach König, Bd. II S. 917 — allerdings sind nur zwei Analysen aufgeführt — enthält der Meerrettig in 100 Teilen Trockensubstanz:

11.60 N-Substanz,
1.50 Fett,
68.25 N-freie Extrakte,
11.93 Rohlfaser,
6.58 Asche.

In der Trockensubstanz tritt also das Überwiegen der Zellulose nicht so in den Vordergrund, wie in dem Gehalt der frischen Substanz, da der Wassergehalt bei den einzelnen Wurzelgewächsen doch ziemlich verschieden ist.

Das Material wurde auf dem Reibeisen zerkleinert, der mittlere Trockengehalt war 26.36 Prozent bei 1.9 Prozent der frischen Substanz und 7.20 Prozent der Trockensubstanz.

Der Pentosegehalt beträgt 10.49 Prozent der Trockensubstanz. Die Zellulose stellte eine ungenügende lockere farblose Substanz dar, der in  $\text{NH}_3$  lösliche Anteil schien sehr erheblich, die asche- und pentosehaltige Zellulose macht 14.67 Prozent der Trockensubstanz aus. Der Aschegehalt betrug 3.4 Prozent der Trockensubstanz, der Pentosegehalt 13.63 Prozent, so daß also die Reinzellulose 11.80 Prozent der Trockensubstanz ausmachte.

Bei der Darstellung der Zellmembran nahm der Wasserausgang eine blaugraue Farbe an, die sich aber dann verlor. Das Endprodukt stellt eine schön weiße flockige Masse wie Federn dar. 100 g Trockensubstanz Meerrettig lieferte 26.37 Prozent trockene Zellhüllen, in denen 7.31 g Pentosen enthalten waren.

In 100 Teilen trockenem Meerrettig waren also:

11.80 Reinzellulose,
7.20 Asche,
92.80 Organisches,
10.49 Pentosen,
26.37 organische Zellmembranen mit 7.31 Pentosen = 6.58 g Pentosane,
1.81 Prozent N = 11.31 Prozent Protein,
0.51 Prozent Ätherextrakt.

Die Zusammensetzung der Zellmembranen im engeren Sinne war für 100 Teile:

	Meerrettig	Mohrrüben
Zellulose	44.74	42.42
Pentosane	24.57	22.81
Rest	30.69	35.27

Die Zellmembran stimmt also sehr nahe mit jener der Möhre überein und unterscheidet sich von jenen des Brotgetreides nach denselben Richtungen wie letztere.

Die Verteilung der einzelnen Bestandteile auf Muttersubstanz und Preßsaft war folgende:

In 100 Teilen frischer Substanz sind:

	Trockensubstanz	Asche	Organisch	Pentosen
Meerrettig normal . . . . .	26.36	1.90	24.46	2.962
Zellmembran organisch . . . . .	—	—	6.85	—
Substanz abzüglich Zellmembran . . . . .	—	—	17.61	—
Preßsaft . . . . .	5.45	0.78	4.67	0.167
Gesamtmasse zu Preßsaft . . . . .	20.67%	41.05	19.09	5.64
Organisches, ausschließlich Zellmasse zu Preßsaft . . . . .	—	—	26.5%	—

Der Meerrettig verhält sich annähernd wie die Möhren, der Preßsaft enthält aber weniger Pentosen und vor allem weniger organische Stoffe überhaupt. Die Analysen beziehen sich auf eine Probe Meerrettig, welche pro 100 Teile frisch 447 Prozent Saft gaben. In einem anderen Falle erhielt ich genau 50 Prozent Saft pro 100 g frischer Substanz.

Die Verteilung der Pentosen ergibt sich aus folgendem:

In 100 Teilen Trockensubstanz sind:

Im ganzen . . . . .	—	10.49	—
In den Zellmembranen . . . . .	7.42	—	= 75.4%
Im Saft . . . . .	0.63	8.55	6.0
Anderweitig, nicht auspreßbar	—	1.94	18.6

Man kann also sagen, daß auch in den Wurzelgemüsen, Möhre und Meerrettig die Hauptmasse der Pentosen auf die Zellmembran entfällt und daß nur ein kleiner Teil zu den mit dem Saft leicht resorbierbaren Substanzen gerechnet werden kann. Von den organischen Substanzen überhaupt ist ein großer Teil auf die Zellmembranen zu beziehen. Bei den Möhren und bei dem Meerrettig die Zellmembran in die Analysen eingesetzt, würde folgendes Bild geben:

	N-freie Extrakte	Zellulose
Möhren (bisherige Berechnungsweise)	75.9	11.2
Meine Untersuchung	59.60	26.4 Zellmembran
Meerrettig (bisherige Berechnungsweise)	69.2	11.8
Meine Untersuchung	54.6	26.4
		„

Die Beurteilung des Nährwertes nimmt also eine wesentlich andere Betrachtung an. Die Menge der N-freien Extrakte wird vermindert. An Stelle der Rohfaser, welche nur einen Teil der schwer verdaulichen Kohlehydrate ausmacht, tritt die Gesamtmasse der Zellmembranen.

#### Die Schwarzwurzel.

Zu der Zeit, als die vorstehenden Versuche begonnen wurden, waren frische Schwarzwurzeln nicht zu erhalten, sondern nur ein Trockenspreßapparat, das dem Pulvern große Widerstände entgegengesetzte. Auch in anderer Richtung erwies es sich als schwierig zu bearbeiten.

Von Interesse war mir die Schwarzwurzel deshalb, weil sie von Knie-riem als eine Substanz mit schwer resorbierbarer Zellulose bezeichnet wurde. Das Trockenspreßapparat enthielt auch offenbar die äußeren Schichten der Wurzel, da es von dunkler Farbe war, für gewöhnlich werden aber diese äußeren Schichten entweder durch Schaben entfernt oder auch nach dem Kochen abgezogen. Die Menge der Pentosen in der Trockensubstanz war 6.58 Prozent. Die Darstellung der Zellulose mißlang in den ersten Fällen

durch den Übelstand, daß sich die Filter bei der Extraktion der mit chlor-sauren Kali behandelten Substanz alsbald verstopften. Erst als das Reaktionsprodukt mit  $\text{ClO}_3\text{K}$  und Salzsäure drei Tage lang mit warmem Wasser gewaschen worden war, ließ sich nach dem Entfernen der Lignin-substanzen mit  $\text{NH}_3$  leicht filtrieren, obschon die Flüssigkeit durch ihre dunkle Farbe das Gegenteil vermuten ließ. Es wurden 7.9 Prozent asche- und pentosanfreie Zellulose erhalten. Der Pentosengehalt der Zellulose-trockensubstanz war 6.56 Prozent.

Nach Königs Zusammenstellung wird für 100 Trockensubstanz der Schwarzwurzel angegeben 5.31 Prozent Rohprotein, 2.55 Prozent Fett, 75.54 N-freie Extrakte, 11.59 Prozent Zellulose, 5.05 Prozent Asche. Damit stimmen meine Zellulosebestimmungen nicht überein. Ich war aber nicht in der Lage zu erfahren, in welcher Weise mein Präparat hergestellt worden war. Der Hauptgrund, das schlechte Filtrieren, namentlich der Wasserextrakte zur Darstellung der Zellmembran, scheint in einer relativ geringen Menge Pflanzenschleim zu liegen. Mit heißem Wasser erhält man einen Extrakt, der rasch erstarrt und mit Alkohol ein fadenförmiges Ge-rinnsel bildet.

Im November 1915 wurden noch frische Schwarzwurzeln untersucht, die äußere schwarze Schicht durch Schaben mit dem Messer vollkommen beseitigt, die Masse dann gründlich zerkleinert und zur Analyse verwandt. Bei der Darstellung der Zellulose kehrte der früher bemerkte Übelstand, wenn auch nicht in gleichem Maße wie bei dem Trockenträparat, wieder, das Auswaschen nach der Chloratbehandlung wie nach der Behandlung mit  $\text{NH}_3$  war schwierig, da eine kleine Menge einer Substanz vorhanden war, welche die Poren des Filters etwas verfügte.

Die zerkleinerte Masse enthielt 23.29 Prozent Trockensubstanz und diese 3.43 Prozent Asche. Die Menge der Pentosen war noch etwas geringer als in dem vorher untersuchten Präparat, 5.52 Prozent. Der Grund könnte darin liegen, daß hier die äußere Randzone, die zäher und derber ist wie die innere, entfernt worden war und da die zellmembranreichen Schichten, das darf man vermuten, auch pentosereicher sind, wird man den geringen Pentosengehalt erklärlich finden. Die Menge der Zellulose war asche- und pentosefrei für 100 Trockensubstanz: 5.89 Prozent. Die Zellulose war nicht locker und weiß, sondern etwas spröder und grau. Der Zellulose-gehalt war also auch kleiner wie jener der früher untersuchten Trocken-konserven, was darin seine Erklärung findet, daß letztere auch die äußere schwarze Haut noch enthielt.

Im Einklang mit dem gar nicht erheblichen Zellulosegehalt war auch die Menge der Zellmembran gering im Vergleich zu den anders untersuchten

Wurzelgemüsen, nämlich 12.52 Prozent aschefrei und proteinfreie Substanz auf 100 Trockensubstanz gerechnet. Dies rechtfertigt also in keiner Weise die weitverbreitete Annahme, daß die Schwarzwurzeln ein schwer verdauliches Gemüse seien. Der Gehalt der Zellmembranen an Pentosen war auf die aschefreie Substanz berechnet = 24.15 Prozent Pentosane, somit ent-hält die Zellmembran von 100 Teilen trockener Schwarzwurzel 3.43 g Pen-tosen = 3.22 g Pentosane. Daraus folgt nachstehende Zusammensetzung der Zellmembran, die aschefrei in 100 Teilen enthält:

47.03 Reinzellulose,  
24.15 Pentosane,  
28.82 Rest.

Unter den Wurzelgemüsen enthält die Zellmembran also am meisten Zellulose. Für die Verteilung der Pentosen ergibt sich, daß die Zellmembran die Hauptmasse desselben enthalten.

In 100 Teilen Trockensubstanz sind:

in der Schwarzwurzel . . . . . 5.52  
in der Zellmembran . . . . . 3.43 = 62.1 Prozent.

Die etwas geringere Beteiligung der Pentosen an der Zellmembran im Verhältnis zu der Gesamtpentosose findet darin ihre Erklärung, daß bei einem Teil der Zellmembran die Außenschicht durch das Abschaben der schwarzen Masse beseitigt worden war.

Der N-Gehalt der Trockensubstanz war 1.95 Prozent = 12.19 Prozent Protein, der Gehalt an Ätherextrakt 1.35 Prozent.

Im Zusammenhang mit vorstehenden eingehenden Untersuchungen habe ich noch ein paar der heute als Gemüse verwendeten Wurzelgewächse auf einige allgemeine Eigenschaften untersucht. Die billigsten Rüben waren die weißen Rüben, teuer die Teltower Rübelien. Es wurde folgendes als Zusammensetzung gefunden:

	In 100 Teilen trocken			
	N-Gehalt	N-Substanz	Asche	Pentosen
Kohlrüben . . . . .	1.18	7.37	4.79	8.08
Rote Rüben . . . . .	1.31	8.19	5.56	6.84
Teltower Rüben . . . . .	2.98	18.06	7.69	8.11

Die Hauptmasse der Pentosen ist in der Zellmembran, daher gibt der Pentosengehalt anscheinend bei den eigentlichen Wurzelgemüsen einen Fingerzeig über den Gehalt an Zellmembran, die eben noch aufgeführten Fälle gruppieren sich daher vermutlich zu Meerrettig und Mohrrüben.

Die Zusammensetzung der in diesem Abschnitt behandelten Wurzelgewächse ergibt folgendes.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Substanz	Zellmembran in Proz. der Trockensubstanz	Zellulose	Pentosane	Rest
Kartoffel	5.59	40.72	5.55	53.70
Gelbe Rüben	26.4	42.42	22.31	35.27
Meerrettig	26.4	44.74	24.57	30.69
Schwarzwurzel	12.5	47.03	24.15	28.82

Die Zusammensetzung der Zellmembranen stimmt bei gelben Rüben, Meerrettig und Schwarzwurzel ziemlich miteinander überein, denn kleinere Abweichungen kommen möglicherweise bei einer Spezies überhaupt vor. Die Zellulose überwiegt, die Pentosane betragen rund die Hälfte der Zellulose, die Restsubstanz steht zwischen Zellulose und Pentosanen. Nur die Kartoffel macht eine Ausnahme, insofern ihre Zellmembran ungemein arm an Pentosanen ist.

In der Menge der Zellmembran überhanpt bestehen große Differenzen. Die Kartoffel ist im Verhältnis zu ihren nährenden Bestandteilen sehr arm an Zellmembranen, gelbe Rüben und Meerrettig bestehen über 1/4 aus Zellmembran, der Aschegehalt dieser aufgeführten Nahrungsmittel bewegt sich zwischen 4 bis 7 Prozent, kann also im allgemeinen als gering bezeichnet werden, was im Hinblick auf die Blattgemüse zu beachten ist. Sehr auffallend bleibt der geringe Gehalt der Schwarzwurzel an Zellmembran; er ist nur halb so groß wie jener von Möhren und Meerrettig. Für die Bewertung als Nahrungsmittel kommen so erhebliche Differenzen wohl in Frage; es wird daher in Zukunft notwendig sein, die Untersuchungen auch im Interesse der praktischen Ernährung weiter auf andere Wurzelgewächse auszu dehnen.

Die vorliegenden Untersuchungen gestatten immerhin bereits eine Schätzung der zu erwartenden Zellmembran, wenn man den Zellulosegehalt eines solchen Wurzelgewächses kennt, freilich inwiefern man dabei sich des Rohfasergehaltes als Indikators bedienen kann, habe ich nicht näher geprüft. In obigen Beispielen ist von der Kartoffel abgesehen, der Zellmembrangehalt etwa das 2-3fache der Zellulose.

### Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Blattgemüse.

Von  
Max Rubner.

#### Die Zusammensetzung der Blattgemüse.

Nach den Wurzelgewächsen darf man sagen, haben unter den Gemüsesarten die Blattgemüse eine besondere Verbreitung und auch ein besonderes Interesse. Als nährende Substanz haben wir dabei wesentlich das Blattgewebe. Die Zahl der hierher gehörigen als Nahrungsmittel angesprochenen Pflanzen ist ungeheuer groß und nach den verschiedenen Ländern sehr wechselnd. Da aber das botanische Grundelement, das Blattgewebe, bei edelbaren Teilen einigermassen dieselben Verhältnisse aufweist, so ist von vorn herein etwas Gemeinsames und vielleicht Typisches gegeben, das ausgedehnte Einzeluntersuchungen entbehrlich machen könnte. Zu den Pflanzen, die hier in Betracht kommen, gehören die Salate, die Spinats, die zahllosen Kohlsorten, denen ich allerdings den botanisch fernstehenden Blumenkohl anfügen will. In der ernährungsphysiologischen Beurteilung dieser Pflanzen kann man deutlich zwei verschiedene Richtungen unterscheiden; die eine will in ihnen gewissermaßen eigenartige, der Gesundheit dienende Nahrungsmittel erblicken, wobei zweifellos der Charakter der Gemüsmitteligenschaft unbewußt stark mitempfundnen wird, die andere beurteilt sie nur nach dem Gehalt an Nährstoffen als Unterlage zur Bestreitung des Stoffwechsels. Bei keinem Nahrungsmittel sieht man, daß die Erkenntnis der realen Verhältnisse so wenig aufgeklärt ist wie hier.

Bei den Gemüsen tritt uns ein recht störender Umstand entgegen, nämlich die starken Schwankungen im Wassergehalt und Aschegehalt der Handelswaren. Speziell bei Spinat, Salat trat das ganz besonders in die Erscheinung. Wo der Spinat dem Gewichte nach verkauft wird, ist die Wasserrung ein einfaches Mittel für den Verkäufer, erhebliche Gewinne einzunehmen. Noch üblicher erwies sich der zum Teil enorme Sandgehalt, der