

geburt II sehr viel und meistens dünne Stühle. Die durch Haut und Lunge ausgeschiedenen Wassermengen sind bei beiden Kindern gleich; pro Kilogramm und Tag haben sie (durch Haut und Lunge) im Mittel beider Perioden 55 bzw. 60 g ausgeschieden. Das sind recht hohe Mengen, die vom kalorischen Gesichtspunkte aus betrachtet einen beträchtlichen Wärmeverlust durch Verdunstung ergeben.

	Wärmebildung in Kal.	Wasser durch Verdunstung in g	Kal. in verdunstetem Wasser	Wärme durch Verdunstung in Proz.
Kind I:				
I. Periode	188.7	182	109	57.7
II. Periode	188.5	117	70.2	37.2
Mittel aus I und II				47
Kind II:				
I. Periode	176	163	98	55.7
II. Periode	169	100	60	35.6
Mittel aus I und II				45.6

47 bzw. 45.6 Proz. der Wärmeabgabe fallen also auf die Wasserverdampfung. Die Kinder lagen sehr ruhig, das Moment einer starken Lungenventilation kann also für die hohe Wasserdampfausscheidung nicht in Betracht kommen. Man muß aber berücksichtigen, daß die den Kindern mit der Nahrung zugeführte Wassermenge sehr groß war (176 bzw. 160 g pro Tag und Kilogramm Körpergewicht).

Fassen wir kurz die Ergebnisse zusammen, die wir aus den Gesamtstoffwechselversuchen an zwei frühgeborenen Säuglingen gewonnen haben: Die beiden Frühgeborenen haben bei einer im allgemeinen ungünstigen kalorischen Ausnutzung der Nahrung insbesondere bei schlechter Fettausnutzung das ihnen mit der Nahrung gereichte Eiweiß sehr gut zum Aufbau ihrer Zellen verwertet. Vom energetischen Standpunkte ist die Tatsache bedeutungsvoll, daß fast der gesamte Nahrungsüberschuß zum Anwuchs verbraucht wurde. Die Wärmebildung war nicht gesteigert.

ARCHIV

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FÜR

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETHE, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen ARCHIVES.

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.

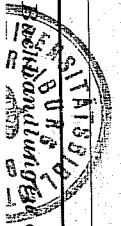
PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.
ZWEITTES UND DRITTES HEFT.

MIT ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.

1916

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.



Inhalt.

	Seite
Max Rubner, Die Zusammensetzung des Birkenholzes	71
Max Rubner, Untersuchungen über die Resorbierbarkeit des Birkenholzes .	83
Max Rubner, Die Verdaulichkeit des Birkenholzes bei wechselnden Mengen der Zufuhr	104
Max Rubner, Über Pautosen und Zellwüllen des Brotgetreides	120
Max Rubner, Über die Ausnutzbarkeit der Zellmembranen der Kleie	135
Max Rubner, Der Kof nach gemischter Kost und sein Gehalt an pflanzlichen Zellmembranen	145
Max Rubner, Weitere Untersuchungen über die Resorbierbarkeit des Birken- holzes	151
Louis Merian, Experimentelle Beiträge zur Bachweizenkrankung (Fago- pyrismus) der Tiere. (Hierzu Taf. I u. II)	161
Dr. Srebanje Lichtenschein, Über die agglutinogene Substanz der Hefezelle .	189

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis und 30 *ℳ* 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. Röhrig**, 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 **Manskript** getrennten Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen
zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, unter Berücksichtigung der Format-
verhältnisse des Archives, eine Zusammenstellung, die dem Lithographen als
Vorlage für die Anordnung dienen kann, beizulegen.

Die Zusammensetzung des Birkenholzes.

Von

Max Rubner.

I.

Die nachfolgenden Untersuchungen sind durch die Kriegslage ver-
anlaßt worden. Als Ende Januar und Anfang Februar 1915 bekannt
wurde, daß die Vorräte an Brotgetreide sehr beschränkt seien und ernste
Maßregeln getroffen werden müßten, um durchhalten zu können, wurde
eine Fülle von Substanzen zur Streckung des Brotgetreides vorgeschlagen,
größenteils Dinge, welche schon oft in Ermangelung von Getreide zur
Hungersstillung in verschiedenen Ländern benutzt worden sind. Man kann
alles zusammenfassend sagen, daß irgendein völlig neuer Gedanke dabei
nicht zum Ausdruck gekommen ist. Bei manchen Substanzen ist man durch
die bei scharfer Zermahlung auftretende mehrlartige Beschaffenheit, also
durch das physikalische Äußere der Verlockung unterlegen, darin ein
Material zur Streckung des Getreides zu sehen, in anderen Fällen hat
man sich durch den analytisch festzustellenden Nährgehalt blenden lassen,
und ohne Rücksicht auf die Frage der Möglichkeit der Resorption im
Darmkanal solche Substanzen empfohlen.

Auch manche Nahrungsstoffe und minderwertige Produkte der In-
dustrie hat man dem Brot beizumengen vorgeschlagen. Man hat solchen
Vorschlägen antilicherseits viel zu viel Gehör geschenkt und Verwendungen
von Materialien erwogen, welche das Brot minderwertig gemacht hätten.

Man kann jetzt über die meisten dieser Dinge zur Tagesordnung über-
gehen, denn glücklicherweise ist der größte Teil der Vorschläge nicht über
das erste Prüfungsstadium hinausgekommen; für die Volksernährung
haben sie daher weder einen schädlichen, noch nützlichen Einfluß üben
können. Man kann auch sicher sagen, sie werden uns und unsere Er-
nährung weiterhin nicht behelligen.

Unter den für die Tierernährung empfohlenen Nahrungssubstraten hat man schon vor längerer Zeit die Reiszitterung angewandt, mit gutem Erfolge, wie manche meinen. Hier tritt uns Holz — bestimmter Bäume, und zwar jungdliches Holz als Nährsubstanz entgegen.

In ähnlicher Richtung liegt eine Empfehlung Haberlands, der unter anderem auf das Birkenholz als mögliche Nährsubstanz verwies.

Haberland hat näher angeführt, daß der Holzkörper der Bäume und Sträucher neben seinen sonstigen zutage tretenden Funktionen auch ein Reservestoffbehälter sei, der zur Winterrzeit Stärke, Zucker, fettes Öl und auch Eiweißsubstanzen (letztere in geringer Menge) enthält, welche in den Markstrahlen und im Holzparenchym aufgespeichert sind, um im Frühjahr nach den Laub- und Blütenknospen zu wandern. Reservestoffe dieser Art finden sich nur im Splint, nicht im Kernholz. Manche Bäume enthalten nur Splintholz, wie die Ahornarten, die Birke und die Zitterpappel. Nach Alfred Fischer unterscheidet man Fettbäume und Stärkebäume; Linde, Birke, Kiefer, die zu ersteren gehören, enthalten im Winter nur fettes Öl, keine Stärke, andere wie: Eichen, Ahorn- und Pappelarten usw. enthalten auch im Winter reichlich Stärke, die Nadelhölzer nehmen eine Mittelstellung ein. Bei den Fettbäumen wird etwa Ende Februar das Fett in Stärke zurückverwandelt. Im April findet sich das Stärkenaximum, dann wird Stärke als Zucker gelöst und weiter nach den Laub- und Blütenprossen gebracht. In der Regel haben die Holzfasern mit der Stoffspeicherung nichts zu tun, doch haben bei manchen Hölzern die Zellulosefasern eine Anlagerung von Hemicellulosen, die auch als Reservestoff dienen, also zeitweilig in Lösung gehen können.

Das eigentliche Speichergewebe des Holzes sind die in radialer Richtung ziehenden Markstrahlen und das Holzparenchym. Nach Haberland kann das Volumen der Markstrahlen 22 Prozent, das des Holzparenchyms 6 Prozent des Gesamtvolumens, z. B. der Ulme, ausmachen. Für die Kastanie gibt Leclerc du Sablon in maximo 24.7 Prozent des Stammes im Februar als Zucker und Stärkegehalt an.

Die Empfindung der Holzwitterung ist nicht mit großem Entusiasmus aufgenommen worden, es war unter allen Umständen zunächst die Zerkleinerungsfrage zu erörtern. Denn es ist klar, daß für die Tierhaltung nur Material bestimmten Zerkleinerungsgrades angewendet werden kann. Weiterhin sind die üblichen Hindernisse der in pflanzlichen Zellen eingeschlossenen Nährstoffe (Fett und Stärke) nur da ohne wesentliche Bedeutung, wo eine weitgehende Verdauung der Zellulose eintritt, wie bei manchen Wiederkäuern, wesentlich aber dort, wo diese Kräfte fehlen. Auch ist zu bedenken, daß Fette oder Stärke, so wichtig sie als Nährstoffe sind,

doch keine Kraftfuttermittel, deren Ersatz in erster Linie erwünscht sein müßte, darstellen.

Da aber bislang direkte Untersuchungen über die Resorption der Substanzen nicht vorlagen, so wurde von verschiedenen Seiten die Prüfung dieser Frage durch das Experiment nicht abgelehnt, sondern der Beschluß gefaßt, gegebenenfalls bei landwirtschaftlichen Haustieren Experimente anzustellen, wobei die reichliche Zellulose verdauenden Rinder oder die weniger für solches Material ausgerüsteten Schweine in Betracht kommen. Es war auch dies von Interesse, wenn an sich auch nicht von solcher Bedeutung, wie Versuche in Aussicht zu nehmen, die das Problem der Verwertung für den Menschen zu beurteilen in der Lage waren. Die erste Aufgabe hatte Geheimrat Zuntz, die letztere ich selbst ins Auge gefaßt.

Die Beschaffung des Materials hatte das Kgl. preuß. Ministerium für Landwirtschaft usw. in Aussicht gestellt. Die Herstellung von genügend feinem Material ließ sich nach dem Urteil der Sachverständigen am ehesten durch den Holzschliff auf nassem Wege erreichen. Dies Produkt ist mir seinerzeit in halbfestem Zustande mit etwa 30 Prozent Trockensubstanz geliefert worden, es wird gewiß im einzelnen je nach den Holzstämmen der Birke, die zur Verwendung kamen, ungleich gewesen sein. Es widersteht der Austrocknung sehr lange, verfilzt zu festen Schollen und Massen, die in dieser Form ganz ungeeignet für die Verwendung waren. Die Fasern sind noch ziemlich derb.

Die Grundbedingung, die Zertrümmerung so weit zu treiben, daß damit die Hauptmasse der Zellen angegrissen und angebrochen würden, war nicht im entferntesten erreicht. Weitere Versuche der Zerkleinerung mußten noch angestellt werden; es gehört aber die Holzmasse zu den Stoffen, bei denen die Feinmahlung ungemäßen Schwierigkeit ist. Am sichersten gelingt es allemal, durch Zerreiben im Achatmörser Material zu gewinnen, solche Apparate, mechanisch betrieben, — haben aber quantitativ eine sehr beschränkte Leistungsfähigkeit, meine Laboratoriumsapparate konnten dafür nicht in Betracht kommen. Wenig leistungsfähig, ja unbrauchbar erwies sich auch die Kugelmühle, wenn schon nach tagelangem Laufen wenigstens einiges feines Material gewonnen wurde, doch war das Produkt in hohem Maße aschhaltig. Am besten erwies sich im Erfolg eine rotierende Mühle, in welcher trocken die Vermahlung vor sich ging; zwar lieferte auch sie kein völlig gleichartiges Material, wohl aber konnte dann durch Siebung das geeignete vom ungeeigneten geschieden werden.

Bei dem Sieben erhielt man dann einen weiteren Einblick in die Art der Zerkleinerung. Das Material war flockig, wie etwa Flaum, aber insofern abweichend davon, daß es keine dauernde Elastizität besitzt, sondern

nach dem Pressen mit der Hand wohl auch nicht fest wird, aber doch nicht mehr sich genügend lockert.

Beim einfachen Schütteln geht durch die feinen Siebe sehr wenig hindurch, nur beim langsamen Reiben mittels eines Pinsels kann man das Material weiter zerlegen. Aus einer größeren Menge zermahlenden Materials erhielt ich:

52.9 Prozent	feinstes Mehl,
29.9 „	„ mittleres „
17.2 „	„ größeres Material,

alles von mehrlariger Beschaffenheit. Zum Absieben des feinsten Teiles benutzte ich ein Seidennetz, dessen Fäden einen Abstand von 0.08 bis 0.1 mm im Lichten hatten. Durch feinere Netze wäre das Material nicht hindurchgegangen. Es zeigte sich später, daß ein solches Präparat immerhin als recht tauglich für die Versuche genannt werden kann. Für Tierfütterungen kommt man möglicherweise mit dem Holzschliff selbst aus. Den letzteren vor dem Zermahlen stark zu trocknen, habe ich wegen der leichten Zersetzlichkeit gewisser Holzbestandteile unterlassen.

Der Gehalt des „Birkennehles“ an hygroskopischem Wasser war 7.32 Prozent — bei 92.68 Prozent Trockensubstanz. Bei längerem Trocknen färbt sich die Masse, wie ja bekanntlich auch Filterpapier braun. Bei der mikroskopischen Untersuchung ließen sich nur Spuren von Stärke auf finden. Die Holzmasse wird beim Holzschliffverfahren mehr in Fasern zerrissen, nicht aber in gleichmäßige Krümelchen verwandelt, wie das mit Kleie leicht zu erreichen ist. Darin liegt der Grund des Versagens der Siebung. Die Fasern sind dünn, aber lang, daher lagern sie sich leicht quer und gehen durch die Sieböffnungen nicht hindurch.

Die Untersuchung des so hergestellten Birkennehles ergab für 100 Teile Trockensubstanz:

0.36 g	N-Gehalt,
2.25 „	Rohpsotein,
0.40 „	Fett (abzüglich der Harze),
8.30	Prozent Asche,
58.1	„ Weender Zellulose ohne Abzug für N-Gehalt ¹ ,
30.2	„ N-freie Extrakte.

Stärke in quantitativ fäßbarer Menge war also nicht vorhanden, der Gehalt an Fett war auch sehr gering. Es ist möglich, daß in anderen Teilen des Materials, das viele Säcke füllte, auch einzelne Proben vorgekommen

¹ Bei dem geringen N-Gehalt des Ausgangsmaterials ist kaum mehr wie 0.15 Prozent N in der Zellulose zu erwarten.

sein mögen, welche etwas mehr Fett oder analytisch fäßbare Mengen von Stärke einschlossen. Offenbar war das Ausgangsmaterial Holz, welches nicht den von anderer Seite angeführten Analysenwerten entsprach.

II.

Obgleich so das Ziel, welches in der Untersuchung der Resorption etwäiger Stärke- und Fettmengen aus den Birkenholzzellen lag, mit dem vorliegenden Material gar nicht erfüllt werden konnte, schien mir das Birkennehl gerade dadurch, daß es „Holz“ darstellte und aus Zellen bestand, welche so gut wie keine Nährstoffe enthielten, ein Objekt zu sein, das eine weitere Untersuchung lohnte. Es sind eben pflanzliche Zellmembranen und wenn man ein anderes Mal die Verdaulichkeit eines nährstoffreichen Präparates prüfen kann, so wird auch dabei nicht nur die Zerkleinerung des Materials, sondern auch die Auflösungsmöglichkeit im Darm eine entscheidende Rolle spielen. Wenn nicht die Membranen selbst ausgiebig angegriffen werden, wird nie ein erheblicher Nutzeffekt erzielt werden. Die vielleicht anfänglich auffällige Frage: kann Holz verdaut werden? verliert das Widersinnige, wenn man bedenkt, daß bei unserer pflanzlichen Kost überhaupt die Lösung von Zellmembranen eine ganz hervorragende Bedeutung haben muß. Aus holzartigem Material bestehen gewiß unzählige Zellwände von Substanzen, die wir anstandslos genießen: Man wird daher am besten einmal mit den Untersuchungen solcher Zellmassen beginnen müssen.

Dieses Problem interessierte mich ausreißend, um weitere Experimente anzustellen, die zunächst eine Reihe allgemeine und methodische Vorfragen zu erledigen hatten, da es mir naheliegend schien, daß die einfachen, bisher ausgeführten Experimente über die Resorption nicht ausreichende Auskunft geben und eine Verbesserung erlaubten.

Das verholzte Gewebe besteht aus sehr verschiedenen Bestandteilen, die wahrscheinlich zum Teil durch einfache Reaktionen ineinander übergehen. In neuester Zeit hat sich namentlich J. König um ihre Trennung bemüht. Von den verschiedenen in Frage kommenden Substanzen mögen nur die Hemicellulosen (Pentosane und Hexosane), die echte Zellulose, die Ligninsubstanzen, das Kutin, erwähnt sein. Sie sind nicht zu einer höheren chemischen Einheit, sondern als morphologisch verbundene Masse aufzufassen, die teils nach der alten Anschauung von Nägeli so sich mengen, daß neue hinzukommende Verbindungen in die Zwischenräume der Mizelle eintreten durch Intensuszeption, teils, wie man meint, auch durch Auflagerung.

Wände aus reiner Zellulose können „verholzen“ durch Einlagerung verschiedener Substanzen, so des Hexans oder Holzgummis, durch Lignin-substanzen; daher sind also die Zellmembranen sehr verschiedener Natur. Von dem Gemenge dieser Substanzen hat man meist nur der „Zellulose“ besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Die echte Zellulose gehört zur Stärkegruppe, als deren Anhydrid sie aufzufassen ist. Das Lignin ist kohlestoffreicher als die Zellulose und sauerstoffreicher (bis 62 Prozent C), das Kutin enthält bis 73.7 Prozent C und stellt einen wachstähnlichen Körper dar. Mit dem Wachstum der Pflanzen nehmen die Pentosane und Lignine im Verhältnis zu den Hexosanen stärker zu als die Zellulose. Die Lignine sollen dabei durch Einlagerung von Methoxyl- oder Azetylgruppen aus Hexosanen oder Pentosanen entstehen.¹

Nach mancher Richtung können neben der Zellulose die Pentosane als ein leicht analytisch färbbarer Körper der Untersuchung unterzogen werden. Die Pentosane sind aber in manchen pflanzlichen Materialien sehr reichlich enthalten. Es schien mir daher von Wert, das Birkenholz nach dieser Richtung hin zu prüfen.

Die Menge der Pentosen wird pro 100 g Trockensubstanz angegeben:

für Roggenstroh	zu 24-84 g
„ Wiesenheu	„ 18-19 g
„ Buchenholz	„ 23-33 g
„ Eichenholz	„ 19.7 g
„ Fichtenholz	„ 8.9-9.2 g
„ Kirschgummi	„ 46.7 g

Letzteres enthält hauptsächlich Arabinose.²

Zur Untersuchung auf Pentosen habe ich mich an die Angaben von Tollens gehalten, auch da, wo es sich um den Nachweis der Methylpentosen handelt. Das untersuchte Birkenpräparat ist reich an Pentosen, im Mittel vieler Bestimmungen fand ich 32.7 Prozent der Trockensubstanz (mit wenig Methylpentosen).

Was die Zellulosebestimmung anlangt, so sind die anzuwendenden Verfahren, wenn man von der aus meistens geübten Weender Methode absieht, außerordentlich zahlreich. Es sei hier nur auf die Zusammenstellungen bei Lebin³ und die methodisch kritischen Zusammenstellungen bei J. König⁴ verwiesen.

¹ J. König, *Zeitschrift für Untersuchungen der Nahrungs- und Genußmittel*. Bd. XXVI. S. 273-281.

² Siehe Röhmann, *Physiologische Chemie*. S. 129.

³ Lebin, *Archiv für Hygiene*. 1897. Bd. XXVIII. S. 212.

⁴ J. König, *Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln usw.* Berlin 1910.

Ich habe mich des Verfahrens von W. Hoffmeister¹ bedient, welcher das fein zerteilte Material bei Stübentemperatur 24 Stunden mit chloresaurem Kali und Salzsäure von 1.050 spezifischem Gewicht behandelt. Es hat den großen Vorzug, daß man relativ leicht auch größere Mengen von Stoffen verarbeiten kann. Nach der Behandlung mit chloresaurem Kali wird mit verdünntem Ammoniak in der Wärme die Ligninsubstanz weggenommen. Nach der Anwendung von chloresaurem Kali habe ich mit großen Mengen warmen Wassers die Zellulose gewaschen, dann in einen Kolben gespült und NH₃ zugegeben. Manchmal dauert das Auswaschen — ich sehe von Birkenholz ab — außerordentlich lange; es ist das aber eine unerläßliche Voraussetzung für die weitere Verarbeitung und das Erhitzen mit NH₃. Man erhält nur leicht zu filtrierende Flüssigkeiten, wenn man gut ausgewaschen hat. Nach Behandeln mit NH₃ wäscht man wieder mit heißem Wasser. Dann bringt man den Niederschlag in den Kolben zurück und kocht mit Alkohol, um das Wasser aus den Pflanzenzellen zu entfernen, filtriert und wäscht mit Äther aus, preßt mit der Hand das Filter wie einen Schwamm aus, trocknet an der Luft. Jetzt löst sich die Zellulose leicht vom Filter, man kehrt die Reste mit der Federfahne ab und bringt sie in ein Wiegegäßchen und trocknet bei 100°.

Um über die Anwendbarkeit der Methode ein eigenes Urteil zu gewinnen, habe ich zwei Versuche mit Filterpapier angestellt. Angewendet wurde je 4.5685 g bei 100° trockene Substanz, welche nach Abzug der Asche 4.506 g Zellulose entsprechen. Wieder erhalten wurden 4.688 g Zellulose bei 100°, welche nach Abzug der Asche 4.482 g Zellulose entsprechen, wiedergefunden also 99.47 Prozent der angewandten Zellulose. Die echte Zellulose wird also durch das Verfahren von W. Hoffmeister nicht angetroffen und verändert, was mit dessen Angaben gut übereinstimmt. Der einzige Punkt, in welchem ich von W. Hoffmeister abgewichen bin, ist die Menge der reagierenden Flüssigkeit, welche mir namentlich für alle stärkeren Substanzen oder solche neben Zellulose viel andere organische Stoffe enthaltende (z. B. Kot) zu gering erschien. Häufiges Schütteln ist besonders am Anfang der Reaktion notwendig.

Die fraktionierte Ausfällung einer Bestimmung ergab, daß die Behandlung mit chloresaurem Kali der Haupteingriff ist, es wurden dadurch 43.8 Prozent des Birkenmehles gelöst, durch die anschließende Behandlung mit Ammoniak 11.1 Prozent, es hinterblieben 44.15 Prozent Zellulose. Andere Bestimmungen ergaben Werte bis 45.0 Prozent, im Mittel also 44.5 Prozent Zellulose, wobei weniger als 0.1 Prozent N zurückbleibt und 4.4 Prozent Asche abzunutzen sind.

¹ W. Hoffmeister, *Landwirtschaftliche Jahrbücher*. 1888. Bd. XVII. S. 289.

Die Zellulose enthält aber noch Pentosen, die ich jedesmal besonders bestimmte. Die Menge betrug 10.64 Prozent. Da in dem Holz nicht Pentosen, sondern Pentosane sind, so wird der Pentosenwert umgerechnet in Pentosane: 1 g Pentose = 0.883 Pentosane. Wenn man den N, der ja wahrscheinlich nicht ganz in der Form von Eiweißstoffen vorhanden ist, beiseite läßt, so gehen von 44.5 Prozent Zellulose noch ab 1.96 g Asche und 9.38 g Pentosane = 11.34, es bleiben dann 33.16 g einer Substanz übrig, die jedenfalls ein besseres Bild vom Zellulosegehalt ergibt, als etwa die Weender Methode, von der Anwendung des Glycerin-Schwefelsäureverfahrens nach J. König, das für mich aus äußeren Gründen nicht in Frage kommen konnte, abgesehen. Daraus ergibt sich, daß die Zellulose im Birkenholz an Masse den Pentosen nahe kommt.

Die Weender Methode ergab ein wesentlich höheres Resultat als das Hoffmeistersche Verfahren, das Präparat war auch im Aussehen unreiner. Ich erhielt 58.1 Prozent aschefreie Holzfaser (62.5 aschehaltig). Der Pentosegehalt der Rohzellulose war 15.85 Prozent = 13.98 Pentosane. Es sind daher von 58.1 Teilen noch 8.7 als Pentosane abanzuziehen = 49.4 Prozent Reinzellulose. Unterzieht man die Weender Zellulose dem Verfahren von Hoffmeister, so wurde nachträglich um 34.2 Prozent weniger Zellulose gefunden, was etwa auch dem Verhältnisse der Reinzellulosenunterschiede entspricht.

Ein Versuch der Zellulosebestimmung mit $H_2O_2 + HN_3$ in der Wärme nach Lebbin durchzuführen, gab ein unbefriedigendes Ergebnis. Die Pentosen wurden ganz unvollkommen abgetrennt. Die Modifikation festzustellen, unter denen günstige Resultate erzielt wurden, lag nicht in meiner Absicht.

Zum Vergleich mit Birkenholz sei noch die Analyse von Sägespänen — aus irgendeinem Koniferenholz — angeführt. Sie enthielten 12.71 Prozent Pentosen der Trockensubstanz und die daraus dargestellte Zellulose 7.72 Prozent Pentose. Für die Zusammensetzung der eigentlichen Zellwände des Birkenholzes würde sich folgendes Bild ergeben: In 100 Teilen Birkenholz sind:

2.25 Rohprotein,
0.40 Fett,
8.30 Asche,

32.7 Pentosen = 28.87 Pentosane,
33.16 Zellulose (asche- und pentosanfrei).

Abzüglich Fett, Asche und Rohprotein = 10.95 Teile bleiben als organische Zellsubstanz 89.05 Teile mit 33.2 Zellulose und 28.87 Pentosanen (verschiedene Verbindungen).

In 100 Teilen aschefreier „Zellmembran“ sind sonach:

37.23 Zellulose,
32.41 Pentosane,
30.36 Rest.

Die Zellulose ist zwar pentosanfrei, aber nicht ausschließlich echte Zellulose, da sie ja, wie später angegeben wird, zum kleinen Teil in Kali löslich ist, der „Rest“ muß aus Ligninen, Hemicellulosen (nicht pentosanhaltigen usw.) bestehen. Die Zellulose macht also nur den kleineren Teil der Holzsubstanz überhaupt aus, durch das angegebene Verfahren läßt sich wenigstens die Zellmembran leicht in drei Gruppen von Stoffen zerlegen.

III.

W. Hoffmeister¹ hat bei seinen Versuchen über Zellulosedarstellung die Beobachtung gemacht, daß manche (Roh-)Zellulosen sich in 5 Prozent Natronlösung in der Kälte zum Teil auflösen. Aus Kleie-, Kot-, Holzcellulose kann viel Substanz löslich werden, bei der Kleie bis 49.4 Prozent, bei Kotzellulose bis 22 Prozent; die gelöste Substanz hat die elementare Zusammensetzung der Zellulose, geht aber leicht durch Säuren in Zucker über, ist unlöslich in Schweitzers Reagens.

Diese Beobachtungen haben ein physiologisches Interesse gewonnen. W. Hoffmeister hat sich beide Formen der Zellulose hergestellt und beobachtet, daß die Zellulose, welche unverändert ist, und solche, die mit 5 Prozent Kali extrahiert ist, ein verschiedenes Ausnutzungsvermögen beim Menschen besitzt. Von der mit Kali vorher extrahierten Zellulose werden 94.4 Prozent nicht aufgenommen, von der mit Kali löslichen Form nur 24.2 Prozent. Die Versuche sind nicht ausführlicher mitgeteilt, auch von keiner Seite wiederholt worden. Sie sind sehr bemerkenswert, lassen aber doch manche Frage offen.

Die Zellulosepräparate, wie sie Hoffmeister benutzt hat, sind nicht die ganze Zellmembran, sondern nur ein Teil, ein Überbleibsel, man kann sich vorstellen, daß schon bei der Herstellung der „Stammzellulose“ mehr oder minder reichliche Teile der pflanzlichen Zellmembranen beseitigt worden sind, so daß man über die Grade der Resorbierbarkeit der vollen unversehrten Membran nichts aussagen kann und ebenso kann man mit 5 Prozent Natron oder Kali verschiedene Teile der Zellulose auflösen und Präparate von verschiedener Resorbierbarkeit machen.

Außerdem ist es aber möglich, daß die natürlich vorkommenden Zellwüllen auch in solchen Fällen, in denen die Zellulose zum Teil in Kali

¹ *Landwirtschaftliche Jahrbücher*. 1888. Bd. XVII. S. 239.

löslich ist, gar keine leicht aufnehmbare Zellulose enthalten, weil die Löslichkeit durch inkrustierende Substanzen sehr modifiziert werden kann.

Diese Überlegung ergibt sich aus folgendem Umstande:

W. Hoffmeister erwähnt die Versuche von Thomassen¹, der durch Natronlauge (5 Prozent) Holzgummi ausgezogen hat. Dieser Versuch mißlingt bei Nadelhölzern, er gelingt, nachdem man die Zellulose dargestellt hat. Daher wird für die Verdaulichkeit auch entscheidend sein, was vorliegt: die ursprüngliche Substanz oder die bereits verarbeitete Zellulose.

Man kann also aus dem Verhalten der Zellulosen, das ist der springende Punkt, keinen Schluß auf das Verhalten der ursprünglichen Substanzen ziehen. Bei dem Birkenholz liegt für eine Untersuchung die Sache einfach; es besteht ja fast ausschließlich aus Zellwandungen, man kann also deren natürliche Löslichkeit in Alkali ins Experiment ziehen. Ich habe die Löslichkeit des Birkenholzes in 5 Prozent Kalilauge untersucht (24 Stunden bei Zimmertemperatur). Es tritt sofort eine gelbbraune Färbung ein. Nach 24 Stunden ist die Lauge rotgelb. Es wird zuerst zentrifugiert, dann mit Wasser aufgeschwemmt und nochmals zentrifugiert, mit heißem Wasser ausgewaschen, dann mit heißem Alkohol und schließlich mit Äther. Auf diese Weise gehen 28.6 Prozent des Holzes in Lösung; statt des einfachen Schüttelns der Flüssigkeit habe ich da, wo es sich um die Gewinnung der in Kali löslichen Substanz handelt, gelegentlich die Behandlung mit 5 Prozent Kali in der Kugelmühle durchgeführt.

Die restierende Substanz enthielt nur noch 17.2 Prozent Pentosen, hatte also einen großen Teil der Pentosen abgegeben.

Wenn 100 Teile trockenes Birkenholz 32.7 Pentose enthalten, ist in 71.41 Teilen Substanz, welche in Kali unlöslich sind und 17.2 Prozent Pentose enthalten, 12.3, also in 28.6 g Gelöstem 20.4 g Pentose, d. h. rund 71 Prozent. Die in der 5prozentigen Kalilösung enthaltene Substanz enthält also hauptsächlich Pentose.

Der kaliumlösliche Teil enthält 0.14 Prozent N; von 100 Pentose des Birkenholzes sind 62.54 Teile kalilöslich und nur 37.46 g kaliumlöslich. Diese Lösung könnte so erfolgen, daß überhaupt ein Teil der Zellulose selbst samt ihren Pentosen aufgelöst wird.

Ich habe daher die mit Kali ausgezogene Substanz auf Zellulose verarbeitet und dabei 46.8 g Zellulose gefunden, wenn auf das ursprünglich angewandte Birkenholz gerechnet wurde, während sonst im Mittel 45 Prozent gefunden wurden. Es findet also keine Zerstörung der Zellulose durch die Behandlung mit 5 Prozent Kali statt.

Im Verlauf der Versuche hatte ich eine größere Menge der durch Kali ausziehbaren Substanz, die meist leicht braun aussieht, gesammelt, indem ich die Extrakte mit Alkohol fällte und mit Alkohol auswusch. Man erhält sie nicht ganz aschfrei. Auf organische Substanz berechnet, enthielt diese Mischprobe verschiedener Darstellung 73.3 Prozent Pentosen, was mit der obigen Rechnung gut übereinstimmt.

Das Präparat löst kaum Kupferoxydhydrat und gibt auch direkt keine Reduktion, geht aber leicht bei kürzesten Erwärmen mit C_6H_6 in eine reduzierende Substanz über, die auch die Pentosenreaktion mit Phloroglucin gibt.

Dürfte man das obige Ergebnis, daß durch Kali hauptsächlich Pentosen gelöst werden, verallgemeinern, so würde also W. Hoffmeisters Beobachtung so aufzufassen sein, daß in seinem Ausnutzungsversuche es sich hauptsächlich um die Resorption von Pentosen gehandelt hat.

So kräftig die Zellwandungen und die nach W. Hoffmeister hergestellte Zellulose durch freies Alkali angegriffen werden, so wenig beeinflößt Soda die Löslichkeit, Birkenholz, das mit verschiedener Konzentration von Soda zwischen 25—3 Prozent (Kristallwasserhaltig) 24 Stunden behandelt worden war, gab nicht mehr an Substanz ab, als auch durch Ausziehen mit heißem Wasser zu Verlust geht.

Über den allmählichen Abbau des Birkenholzes durch die Behandlung mit 5prozentiger Kalilauge möchte ich noch folgendes anfügen: Ich schicke die Analysen über die Behandlung der „Zellulose“ voraus, da hierüber noch keine Angaben gemacht wurden, die anderen Analysenwerte ergeben sich ohne weiteres aus den schon oben angeführten Untersuchungen.

Birkenholzzellulose wurde bei Zimmertemperatur mit 5prozentigen Kali (200 ccm auf 2 g Substanz) stehen gelassen, hierauf verdünnt, filtriert, mit kaltem, dann heißem Wasser ausgewaschen, mit Alkohol und Äther behandelt und getrocknet.

Von 100 Teilen Trockensubstanz lösten sich nur 8.65 und 91.35 waren unlöslich, es ist also wenig von dieser Zellulose in Kali löslich; daß die Reinzellulose nicht angegriffen wird, habe ich schon erwähnt. Die restierende Trockensubstanz (mit 7.25 Prozent Asche) wurde auf Pentose untersucht und ergab 4.72 Prozent Gesamtpentosen.

Die Veränderungen im Pentosegehalt sind in absoluten Zahlen folgende:

Birkenholzmehl enthält normal in 100 Teilen	32.7 g Pentosen
der in Kali unlösliche Teil davon	12.3 „
in 45 Teilen Zellulose sind bei 10.64 Prozent Pentose	4.8 „
in dem in Kali unlöslichen Teil der Zellulose	1.94 „

¹ Journal für praktische Chemie. Bd. XIX. S. 196.

Der wichtigste Teil des Eingriffs ist demnach die Behandlung des Birkenholzes mit Kali. Durch alle Eingriffe zusammengenommen, ist der Pentosengehalt auf 5-93 Prozent des ursprünglichen gesunken.

Die Gewichtsmengen, welche nach den verschiedenen Eingriffen als Trockensubstanz (ohne Berechnung der Asche) hinterbleiben, sind folgende:

Ausgangsmaterial	100
nach Behandlung mit Kali	71.4
die Rohzellulose beträgt	45.0
nach Behandeln der Rohzellulose mit Kali	41.1

Untersuchungen über die Resorbierbarkeit des Birkenholzes.

Von

Max Rubner.

Bei einer großen Zahl pflanzlicher Nahrungsmittel liegen die zur menschlichen Nahrung verwendeten Bestandteile so weit frei, daß sie durch Sprengung einer derben Außenhaut in Freiheit gesetzt werden können, so bei den Zerealien Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, bei Reis, Mais, auch bei Kartoffeln. In anderen Fällen sind aber nährrende Bestandteile in den festgebauten Pflanzenzellen eingeschlossen, wie bei der Kleie oder den grünen Gemüsen.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel werden vielfach so genossen, daß die Teile mehr oder weniger zerkleinert werden. Sie bestehen in diesen Fällen also aus Trümmern der Gewebe. Beim Kaen von grünen Gemüsen und Obst ist die Zerkleinerung der Teile nur sehr unvollkommen, man kann unschwer aus dem Kote z. B. Salatstücke von großem Umfange und ähnliches isolieren.

Auch bei den Substanzen, die wir im zernahlenen Zustande aufnehmen, ist die Zerkleinerung oft nur eine sehr mäßige; wenn man sich die Mühe macht, die Stärke chemisch zu entfernen, sieht man diese Zellstücke deutlich vor sich.

Wir haben es ausnahmslos mit zahlreichen unverletzten pflanzlichen Zellen neben anderen, deren Wandung angebrochen ist, zu tun.

Die alltägliche Ernährung hat den Menschen über den Grad der Unverdaulichkeit vieler Pflanzenteile unterrichtet, manche liegen so wenig unverändert in den Ausscheidungen vor, daß auch die volksgemäße Auffassung das Entbehrliche solcher Beimengungen erkannt hat. Die näivste Beobachtung zeigt, daß die Kerne der Früchte unverändert wieder abgehen, daß auch die Häute in Beerenfrüchten wieder im Kote erscheinen;