

Die Verdaulichkeit des durch Säuren aufgeschlossenen Holzmehles von Koniferen.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

I.

Mit dem Moment, in dem 1915 bekannt geworden war, daß nur mehr wenig Brotgetreide vorhanden war, die Brotkarte den äußeren sichtbaren Ausdruck dafür gab und die Behörden das Mehl mit Kartoffeln streckten, begann die Hochflut für die Propaganda aller möglichen mehr oder weniger fein zermahlener Substanzen als Zusatzmittel für das Brotmehl. Man wollte sogar durch derartige Streckungen eine Brotmehrung für Schwerarbeiter, die anfänglich bekanntlich gar nicht besonders berücksichtigt geblieben waren, versuchen. In dieser ersten Zeit wurde auch das Friedenthalsche Strohmehl in den Handel gebracht und in landwirtschaftlichen und anderen Kreisen mit Enthusiasmus, aber ohne vorherige Prüfung aufgenommen, obschon von sachverständiger Seite gewarnt worden war.

Die unbewiesene Voraussetzung solcher Verfahren war die Annahme, daß sehr feines Zermahlen allemal den Nährwert einer pflanzlichen Nahrungsquelle zu steigern vermöge und daß dieser Gesichtspunkt gegenüber allen anderen Bedenken das Übergewicht haben müsse.

Außerdem hat man auf den eigentlichen Nährwert der verwendeten Produkte zur Zermahlung nicht geachtet und ist der bisher irrigen Meinung von der hohen Bedeutung der N-freien Extraktstoffe in der Nahrungsmittelanalyse zum Opfer gefallen. In immer steigendem Maße machte sich in der Literatur der in der Physiologie längst als unhaltbar erkannte Standpunkt geltend, ein Nährmittel kurzweg nur nach seiner chemischen Zusammensetzung als gebrauchsfähig zu beurteilen, ein Irrweg, von dem bis heute auch die halbpopuläre medizinische Literatur nicht abzubringen ist.

Von mancher Seite hat man endlich eingesehen, daß die experimentellen Untersuchungen solcher „Erfindungen“ nicht entbehrt werden können, mehr oder minder umfangreich sind Experimente entstanden, die das alte Kapitel der Ausnützbarkeit der Nahrungsmittel wieder in seine Rechte einsetzten, wir verdanken ihnen eine Reihe wesentlicher Bereicherungen unserer Erkenntnis, welche für die Physiologie der Verdauung von Bedeutung bleiben werden. Als eine neue Forderung solcher Arbeiten auf dem Gebiete der pflanzlichen Nahrungsmittel habe ich die Isolierung der Zellmembranen, als besonderen Bestandteil in der Zusammensetzung vegetabilischer Nahrungsmittel aufgestellt, um damit die Gruppe der N-freien Extrakte in Unterabteilungen zu zerlegen, weiter auch die Isolierung des unverdauten Teiles der Zellmembran im Kote durchzuführen und ferner habe ich die Zusammenfassung der verdauten Nährwerte in Kalorienwerten in einer unserer heutigen Anschauung entsprechenden Form dargestellt, wie das schon früher in einer anderen Abhandlung¹ geschehen war.² Eine Reihe solcher Untersuchungen sind in dieser Zeitschrift (Jahrg. 1915) bereits niedergelegt worden.

Ein vielleicht nicht erwarteter Schritt im Suchen nach Ersatznahrung war wohl für die menschliche Ernährungslehre die Empfehlung von Holzmehl. Indes war der Ausgangspunkt für die Verwendung von Holzmehl nicht die Absicht in der Holzmasse eine Nahrungsquelle zu schaffen, sondern vor allem Nährstoffe, die in den verholzten Zellen mancher Fett- und „Stärkebäume“ zeitweise enthalten sind, zu gewinnen, falls die verholzten Zellen verdaulich oder für Verdauungssäfte und Verdauungsprodukte durchgängig sind.

¹ Rubner, Der Energiewert der menschlichen Kost. *Zeitschrift f. Biologie*. 1902. Bd. XLII.

² Ich nehme Anlaß, an dieser Stelle auf eine Arbeit von Georg von Wendt, „Zur Frage über den Wert des physiologischen Eiweißes“ (*Skandin. Archiv*. 1913. Bd. XXIX.) kurz zu erwidern. von Wendt sagt in seiner Einleitung: „Ein dem Begriff nicht gut entsprechender Name, welcher in der Terminologie aufgenommen ist und allgemeine Verwendung findet, kann unter Umständen recht irreführend wirken. So ist es z. B. mit dem von Rubner eingeführten Namen ‚Physiologischer Nutzeffekt‘ oder ‚physiologischer Nutzwert‘. Tatsächlich ist dieser Ausdruck, wie ich ihn auch verstanden wissen will und wie ich ihn entwickelt habe, nur für die energetische Frage des Umsatzes in Gebrauch, v. Wendt ergeht sich aber des langen und breiten, daß doch auch andere Verwendungen der Nahrungsstoffe im Körper vorkämen, z. B. zur Milchbildung usw. Es ist mir nicht bekannt geworden, daß irgend jemand die Frage des physiologischen Nutzeffektes, eine rein energetische Frage, auf rein stoffliche Vorgänge in so mißverständlicher Weise übertragen hätte, und wenn das der Fall gewesen sein sollte, kann doch der Autor keine Verantwortung dafür tragen, was etwa die Unkenntnis eines Terminus technicus für Folgen hat.“

Die Verdaulichkeit der Zellulose hat durch die Erweiterung der Untersuchungen auf die Zellmembran als Ganzes ein größeres Interesse gewonnen, sowohl für praktische, wie für wissenschaftliche Fragen. Zellmembranhaltige Massen sind ein großer Teil der Holzarten, denn Nährstoffe kommen nur ausnahmsweise als Einlagerungen in bestimmten Arten vor.

Bei der Untersuchung der Verdaulichkeit des Birkenholzes¹ war ich von der Voraussetzung ausgegangen, daß dasselbe Stärke als Einschlüsse enthält. Über die Möglichkeit, derartiges Material zu gewinnen, besteht nach den Untersuchungen von Haberlandt und anderen kein Zweifel. Doch war das mir zugegangene Material offenbar nicht rechtzeitig geerntet, nicht dieser Art, vielmehr so gut wie nährstofffrei. Es haben sich gelegentlich dieser Untersuchung eine Reihe bisher nicht bekannter Tatsachen über die Resorbierbarkeit des Holzes überhaupt feststellen lassen.

Einmal hat sich gezeigt, daß die Menge des Rückstandes im Darm der Fütterungsmenge solcher Zusatzstoffe proportional geht, während die Bildung von Kotstoffwechselprodukten durch das bloße Hinzufügen schwer resorbierbarer Teile nicht gesteigert zu werden braucht. Weiter hat sich erweisen lassen, daß auch pflanzliche Teile, welche als verholzte angesprochen werden, einer nicht unerheblichen Auflösung unterliegen, wenn auch die dabei zu gewinnenden Nährwerte gering sein mögen.

Die Versuche haben das interessante Ergebnis gehabt, die teilweise Resorbierbarkeit des Birkenholzes bei dem Hunde festzustellen, nachdem man bisher die Verdauung der Holzfasern beim Fleischfresser gelehnt hatte. Bemerkenswert ist auch ein Vergleich meiner Versuche am Hund und jener von Zuntz am Schaf — mit Birkenholzfütterung, welche im Resultate der Auflösung sich sehr nahe kommen. In quantitativer Hinsicht freilich ist der Nutzeffekt der Holzverdauung nach Zuntz nicht so groß, daß er die Verwendung für Fütterungszwecke am Tiere rechtfertigen würde und die von mir beobachteten Nebenerscheinungen beim Hund, d. h. die Bildung sehr harten Kotes läßt die Verwendung von Holz auch in Versuchen am Menschen geradezu als untunlich erscheinen. Aus ähnlichen Gründen ist auch die Benutzung von Friedenthalschem Strohmehl nach den Versuchen von R. O. Neumann für den Menschen mit aller Entschiedenheit abgelehnt worden.

Trotzdem sind immer wieder Mehle aus minderwertigem Material hergestellt und in den Handel gebracht worden und zu Verwendung für menschliche Ernährungs Zwecke gekommen. Sonst stillliegende Zementmühlen haben

¹ *Dies Archiv.* 1915. Physiol. Abtlg. S. 104.

solche Produkte in größter Menge vermahlen und im Handel wurden diese „Mehle“ auch ausgiebig zur Brotfälschung verwendet.

Manche dieser Produkte sind von seiten der Behörden als Streumehl zugelassen oder vorgeschrieben worden. Man will damit das Festkleben des Teiges auf der Unterlage verhüten.

Das Holzmehl ist als Streumehl zugelassen worden, man hat aber damit den Bäckern zugleich ein Fälschungsmittel in die Hand gedrückt, von dem einzelne oder an manchen Orten viele, wie erwähnt, einen sehr ausgedehnten Gebrauch gemacht haben. Abgesehen von den Fällen, in denen geradezu solche Streumehle in großen Mengen dem Teig selbst beigebacken wurden, haftet oft der Grundfläche des Brotes so viel Holzmehl und ähnliches auf den ersten Blick oder beim Kauen als fremde Substanz Erkennbares an, daß eine Mehilvergeudung insofern die unmittelbare Folge ist, als man dann die Rinde des Brotes einfach wegschneidet und als Abfall behandelt. Das „Sparprinzip“ hat also wahrscheinlich das Gegenteil von dem, was man erreichen will, zur Folge.

Die Hartnäckigkeit, mit der solche Mehle immer wieder als Zusätze zu Brot benützt werden, findet ihre Erklärung nicht ausschließlich etwa nur in der Gewinnsucht und im Betrüge, sondern zum Teil in der falschen Beurteilung des Nutzens solcher Zusätze unverdaulicher Art zum Brote.

Diese Bestrebungen werden gestützt durch ein gewisses Vordrängen laienhafter Vorstellungen, denen man leider vielfach begegnet. Zu diesen gehört die Meinung, daß die Sättigung des Menschen auch mit unverdaulichen Substanzen ein Ziel der Nahrungsfürsorge darstelle. Es käme nur darauf an, das „Volumen“ der in den Magen gebrachten Nahrung zu vermehren. Diese Empfehlungen sind um so bemerkenswerter, als man von der Einführung nutzloser Streckungsmittel in der Landwirtschaft nichts hören will. Der Tierzüchter hat mehr eine instinktive Abneigung gegen derartige „Scheinnahrung“. Die vorübergehende Füllung des Magens kann die wahre Sättigung niemals hervorrufen, darüber täuscht man sich vielleicht einen Tag, aber der wahre Hunger kommt bald zum Durchbruch.

Es ist aus dem täglichen Leben bekannt, daß manchenorts sehr voluminöse Kost gegessen wird und demnach die Magengröße und demgemäß die Masse einer Mahlzeit sich sehr verschieden gestaltet. Zu den obligaten Gefühlen einer sättigenden Mahlzeit gehört freilich bei den einzelnen das Gefühl der Magenspannung, woran der eine oder andere gewohnheitsmäßig festhält. Gute Kost bei zu geringem Volumen hinterläßt solchen Leuten ungewohnte Gefühle. Die ersten Massenbeobachtungen machte man hierüber bei dem Feldzug in der Krim, als die Russen in Gefangenschaft gerieten und hier die konzentriertere, westeuropäische Kost erhielten; sie waren

anfänglich damit unzufrieden, obschon sie besser in physiologischer Hinsicht ernährt wurden als vorher. Man darf aber nicht glauben, mit der jedesmaligen „Magendehnung“ den wirklichen Hunger, d. h. das Nahrungsbedürfnis, beseitigen zu können. Der Mensch mit zu ausgedehntem Magen gewöhnt sich ohne Schaden in ein paar Wochen an die bessere konzentriertere Kost, während das Umgekehrte bedenkliche Folgen hat. Die Gewöhnung an voluminöse Kost erfolgt langsam, bei älteren Leuten unvollkommen und unter den Folgen unzureichender Ernährung.

Ebensowenig hat die Füllung des Darmes mit unverdauten Resten irgend etwas mit dem Sättigungsgefühl zu tun.

Zur Entschuldigung des Zusatzes unverdaulicher oder schlecht verdaulicher Substanzen zu Nahrung hat man eine bisher völlig unbekannte und auch völlig unbewiesene Theorie in die Welt gesetzt, die vom Bedürfnis des Menschendarmes nach Ballast, ein Schlagwort, an das sich Fälscher und Ununterrichtete allenfalls klammern; die menschliche Ernährungslehre muß das Auftauchen solcher für einen bestimmten Zweck erdachten Behauptungen zurückweisen. Der große Ballast ist im Tierreich dort vorhanden, wo die Art des Futters solche Einrichtungen zur längeren Dauer des Aufenthaltes schwerverdaulicher Massen im Darm notwendig macht. Darüber hinaus sind die Raumverhältnisse des Darmes an sich gering und der Wert des längeren Aufenthaltes des Kotes nicht bedeutend. Das Unverdauliche häuft sich unter normalen Verhältnissen nur so weit an, daß die Auslösung der Kottausscheidung zustande kommen kann. Ballast, d. h. viel Kot bildende Nahrungsmittel haben die Wirkung, den Aufenthalt im Darm abzukürzen. Im wesentlichen ist die Menge der im Darm befindlichen Masse von den Raumverhältnissen abhängig, wenn auch vielleicht durch besondere Gewohnheiten eine Dehnung des Darmes zustande kommt, wie es auch Dehnungen des Magens oder der Blase gibt. Die Art der Ausscheidung hängt übrigens gar nicht von dem eingeführten „Ballast“ ab, sondern auch von Nebenumständen, wie der Art der Gärung. In der Jugendzeit bei Muttermilchkost haben wir eine außerordentlich gut resorbierbare Kost, die also dem Begriff der Ballastbildung nicht entspricht, und ebenso gibt es auch späterhin im Leben Ernährungsformen, bei denen die unverdaulichen Beimengungen minimal sind, wobei die Gesundheit Jahrzehnte voll erhalten bleibt, sowohl bei animalischer, wie bei vegetabilischer Kost.

Wenn man die Fälle pathologischer Art, in denen habituelle Obstipation vorliegt und manchmal eine Kost mit unverdaulichem Material erwünscht ist, beiseite läßt, hat die genaue Untersuchung der Verdaulichkeit unserer Nahrungsmittel gezeigt, daß vom Standpunkt der Nahrungsökonomie die viel kotliefernden Materialien nachteilig sind. Ja, sowohl in meinen Ver-

suchen am Hund, wie am Menschen und jenen von O. Neumann und in den praktischen Erfahrungen mit verschiedenen verfälschten Kriegsbrotten kommt man gerade zu der entgegengesetzten Anschauung, d. h. zur Überzeugung von der Unzweckmäßigkeit des Ballastes für den gesunden Darm, weil solche Zusätze mitunter zu einer hochgradigen Erschwerung der Defäkation führen können.

Nur unter ganz bestimmten Bedingungen kann die Vermehrung von halbverdaulicher Kost bei Leuten, die sonst nur leichtest resorbierbare Kost aufnehmen, zu der gewünschten regelmäßigen Entleerung führen, dazu bedarf es aber gar keiner gekünstelten Maßnahmen, es genügt die gewöhnliche gemischte Kost im Sinne unserer bisherigen Definition, also das Vermeiden jeder einseitigen Ernährung. Unsere Kriegskost bietet an sich schon, wie ich nachgewiesen habe, mehr als gut ist, an solchen kotbildenden Nahrungsmitteln, ja wir haben sogar eine ganze Reihe von Volksgebräuchen, welche an Kotbildung so viel leisten, daß dadurch ein unerwünschter Verlust an nährenden Bestandteilen eintritt. Der Pumpernickel ist bis heute im Gebrauch geblieben, obwohl man weiß, daß er eine erhebliche Vergeudung von Nährmaterial bedeutet.

Es ist zweifellos ein richtiger Gedanke, das Holz, allerdings in anderer Weise als durch Zermahlung, nutzbar zu machen, in den Holzarten haben wir ungeheure Mengen von Kohlehydraten, deren Nutzbarmachung die ganze heutige Ernährungsfrage lösen könnte. Zwar sind schon erhebliche Fortschritte in der Verzuckerung des Holzes gemacht, auch die Verwertung für die Alkoholgewinnung ist in Aussicht genommen, so daß man wohl auf weitere Vervollkommnung des Verfahrens wird rechnen können.

Eine Art Mittelstellung zwischen einfachem Holzmehl und der Verzuckerung nehmen jene Verfahren ein, welche ohne weitgehende Trennungsmethode Holzarten durch chemische Behandlung mit Säuren oder Alkali aufschließen und als Futtermittel für Tiere eventuell auch als Hilfsmittel bei der Herstellung der menschlichen Nahrung empfehlen.

Über die Verarbeitung der Hölzer hat man bei der Zellstoffherstellung außerordentlich viele Beobachtungen über Aufschließungsmöglichkeiten gemacht.

Die Hydrolyse durch Alkalien geht zurück bis auf Watt und Burgen 1853, die Hydrolyse durch Schwefelsäure auf Arnoulli 1854, die durch Bisulfit auf Tilghman 1866. Durch Einwirkung von Alkali entstehen aus der Zellulose (z. B. Baumwolle) leicht gequollene oder quellbare Zellulosen, die in der Elementenzusammensetzung von echter Zellulose nicht abweichen; kein Reduktionsvermögen besitzen, aber hygroskopischer sind.

Auch Säuren erzeugen solche Hydratzellulose.

Die weitere Einwirkung der Säure kann zu Hydrozellulose führen, Säuredämpfe wirken in ähnlicher Art, sie enthält mehr Wasser und zwar in chemischer Bindung, auch tritt Reduktionsvermögen wie bei Zuckern auf, jedoch nur bei längerem Kochen mit dem Reagens. Die Wirkung von Säuren auf die Zerkleinerungsfähigkeit der Zellulose ist lange schon technisch angewandt (Hydrozellulose).¹ Von der Salzsäure ist bekannt, daß sie von der Holzfaser sehr fest gehalten wird. Gasförmige Salzsäure wirkt rasch zerstörend auf Zellulose, schon 10 Minuten Dampfeinwirkung verändern die physikalischen Eigenschaften der Faser, doch muß etwas Wasserdampf vorhanden sein (a. a. O. S. 70).

Für die Zwecke der Landwirtschaft hat man auch schon mehrfache Versuche gemacht, holzfaserführende Gemenge aufzuschließen, indem man sie nach bestimmten Verfahren mit Säuren oder Alkali meist in der Wärme oft unter Druck behandelt. Dieselben Wege sind bis zu einem gewissen Grade auch für reine Holzmehle gangbar. Über den Einfluß von Alkalien auf das Birkenholz habe ich früher schon berichtet, und dessen Verdaulichkeit nach Beseitigung der gelösten Produkte festgestellt. In nachfolgendem will ich über die Wirkung der Vorbehandlung durch Säure kurz berichten.

Ein mit Säure hergestelltes Holzmehl rührt von Prof. Schwalbe in Eberswalde her und war mir auf Veranlassung des Landwirtschaftsministeriums zugegangen.

Der Begriff der Aufschließung scheint sich heute noch nicht zu einer klaren Definition verdichtet zu haben, sicher wird von vielen Seiten darunter nichts anderes verstanden, als die Verarbeitungsfähigkeit eines solchen vorbehandelten Holzes zu „Mehl“. Man sagt, die „Zellulose“ sei aufgeschlossen, auch wenn nur die physikalischen Eigenschaften geändert sind. Andererseits wird man darunter auch verstehen können die Bildung leicht löslicher oder gelöster Produkte. Es ist damit aber nicht immer schon gesagt, daß diese Produkte wirklichen Nährwert haben, ja, es läßt sich vermuten, daß gelegentlich auch Nebenprodukte sich bilden können, die schädlich sind.

Ich wende mich zunächst der „Aufschließung“ mit Säure zu.

Der zur Aufschließung mit Säure bei dem Schwalbeschen Holzmehl gewählte Weg ist mir nicht bekannt, jedenfalls aber sollen die Aufschließungsprodukte nicht abgetrennt und für sich verwendet, sondern mit der Holzmasse vereinigt bleiben. Das gibt der Anwendung zur Aufschließung schon eine bestimmte Richtung. Um einen eigenen Einblick in die Verhältnisse

¹ C. Schwalbe, *Chemie der Zellulose*. S. 55.

zu bekommen, habe ich einige Experimente angestellt, über die kurz berichtet sein mag.

Ich wählte als einfachste Einwirkung den ClH-Dampf. Bringt man Birkenholzmehl in einem Exsikkator trocken mit Dämpfen von ClH zusammen, so verfärbt sich die Masse in wenigen Minuten und wird gelb, rötlich-braun und bis zum nächsten Tage ziemlich schwarz und sieht schließlich in 2—3 Tagen wie Ruß aus. Diese Vorbehandlung hat zunächst den einen Zweck oder Erfolg, das Birkenholzmehl wohl durch Bildung von Hydratzellulose zerreiblicher zu machen; das kann von Wert sein, weil dadurch die Verfilzung der Fasern, die im Kote sehr unangenehme Folgezustände erzeugt, vielleicht beseitigt wird.

Die Einwirkung des ClH-Dampfes gab folgende wesentliche Ergebnisse: In 3 Tagen war von einer Veränderung der Zellulose selbst keine Rede, das Präparat enthielt ebensoviel Zellulose, wie sonst das Birkenmehl auch zu enthalten pflegt. Dagegen läßt sich Substanz mit Wasser und noch weit mehr mit Alkohol ausziehen, doch geht nur ein Teil der schwarzen Substanz in Lösung. Um Verkohlung handelt es sich nicht, da die daraus dargestellte Zellulose nur schwach gelbbraun war, Kohlenstoff aber bei den Eingriffen zur Zellosedarstellung nicht angegriffen wird.

Die Frage läßt sich auf einem einfachen Wege genügend beantworten. Die Verbrennungswärme des Birkenholzmehles habe ich pro 1 g organisch zu 4·337 kg-cal gefunden; das schwarze Präparat der 10 Tage mit ClH behandelten Birke gab pro 1 g organisch 4·093, d. h. um 5·7 Prozent weniger Verbrennungswärme. Dabei wäre zu berücksichtigen, daß diese Präparate 1—2 Prozent ClH, also etwa 1·5 Prozent ClH enthalten, wodurch der Gehalt an Brennwert vermindert wird. Im ganzen genommen, ist eine wesentliche Änderung des Brennwertes nicht eingetreten, also können auch weitgehende Abspaltungen von flüchtigen Produkten nicht vorgekommen sein.

Ob die in Alkohol löslichen Produkte Nährstoffe darstellen, läßt sich kaum sagen, jedenfalls geben sie weder direkt, noch mit Säuren behandelt Zucker. Holzmehl, vorher mit Säure „aufgeschlossen“, löst sich zum Teil in 5prozentiger Kalilauge und gibt eine durch Alkohol fällbare Substanz, die dasselbe Verhalten zeigt, wie die aus normalem Birkenholz erhaltene Substanz. Behandelt man Filtrierpapier mit ClH-Dämpfen, so bleibt es weiß (es besteht, wie ich a. a. O. angegeben habe, nicht aus reiner Zellulose, sondern schließt auch Pentosane ein).

Erst in der Wärme im Trockenschrank schwärzt es sich und zerbröckelt, was jedem von schlecht ausgewaschenen Filtern, aus denen Salzsäure nicht ausreichend entfernt wurde, bekannt ist. Solches in der Wärme angegriffene Papier gab statt 99 Prozent Zellulose nur mehr 91·5, war also zersetzt worden,

aber immerhin recht wenig. Die Zellulose ist also nicht das, was unter den erwähnten Verhältnissen in dem Birkenholze zuerst stärker angegriffen wird, sondern offenbar andere Substanzen werden getroffen: gerade die Zellulose bedürfte aber der Aufschließung, da sie am meisten der Verdauung widersteht. Andere Holzarten, wie Fichtenholzspäne, verhielten sich ähnlich (nur die Rinde bleibt auffallend unverändert), sie werden bröcklich und zerreiblich und schwärzen sich.

Dehnt man solch einen Versuch der Säureeinwirkung auf längere Zeit aus (auf 10 Tage oder länger), so war der Zellulosegehalt des Birkenholzes von 36.2 Prozent auf 25.1 Prozent, der Pentosegehalt von 35.6 auf 11.2 Prozent gesunken, die Pentosen sind also stark zerstört worden, unter Zunahme von in Wasser und Alkohol löslichen Verbindungen. Ob den Produkten aber ein erhöhter Nährwert verliehen wird, muß vorläufig unerörtert bleiben.

Das schwarze ClH-Präparat wäre praktisch schon wegen der Farbe unverwendbar. Die Schwärzung läßt sich vermeiden, wenn man das Holz (Birke oder Fichte) mit schwachem Ammoniak auszieht, trocknet, das NH₃ verjagt, dann schwärzt sich die Masse in ClH-Dampf nicht mehr, sondern wird höchstens leicht gelblich. Die schwarze Färbung ist also auf Zersetzung von Ligninsubstanzen in erster Linie zurückzuführen. Das Wasserextrakt solcher Produkte gibt starke Trommersche und Pentosenreaktion, war aber unmittelbar nicht oder unvollkommen gärunsfähig, mit Hefe auch nicht nach Neutralisation der Flüssigkeit. Schimmelpilze gediehen sehr gut. Der Begriff Aufschließung scheint also nur für diese Mehrung von in Wasser löslichen Produkten in Frage zu kommen, die aber wieder nur zum Teil aus Hexosen bestehen dürften. Ein weiteres Eingehen auf diese Verhältnisse erübrigt sich vorläufig. Nebenbei käme bei langer Einwirkung noch die Verminderung der Zellulose in Betracht.

So war also ungefähr ein Bild gewonnen, wie sich etwa der Säureaufschluß vollziehen kann.

Ich habe mit ClH-Dampf eine größere Menge Birkenholzmehl „aufgeschlossen“, das Material an der Luft stehen gelassen, um die ClH tunlichst verdunsten zu lassen, doch gelingt es nie, das Holz wieder von ClH ganz zu befreien. Für den Versuch am Hund kam die schwarze Farbe als störend nicht in Betracht.

Zuerst sollte an diesem sehr weitgehend angegriffenen Präparat die Veränderung oder Besserung der Resorbierbarkeit festgestellt werden.

II.

Versuch über die Ausnützung des mit ClH-Dampf behandelten Birkenholzes.

Der Versuch wurde in der Weise ausgeführt, daß der Hund, den ich zu früheren Versuchen benutzt habe, zu 1000 g Pferdefleisch 70 g lufttrockenes Präparat erhielt, irgendwelche Störungen sind dabei nicht eingetreten, der Kot war schwarz wie Ruß und unterschied sich nicht von dem zugeführten Präparat.

Die Zusammensetzung des letzteren war folgende:

Birkenholz mit ClH vorbehandelt.

In 100 Teilen Trockensubstanz	Ursprüngliches Birkenmehl
Asche	2.62 8.30
Organisches	97.38 91.70
Pentosen	10.88 = 9.61 g Pentosan 32.70 = 30.10) Pentosan
N	0.27 (1.68 g Rohproteïn) 0.36 (2.24 Rohprotein)
Zellulose	24.35 33.2
Zellmembran	70.66 mit 3.43 g Pentosan 89.05
Fett	1.29 0.40
Lösliche Substanzen	23.75
Verbrennungswärme	398.5

Täglich werden 70 g lufttrockenes Präparat gegeben; bei 93.35 Prozent Trockensubstanz = 65.34 g Trockensubstanz.

Darin sind enthalten:

Asche	1.70
Organische Substanz	63.64
Pentosen	7.11 = 6.28 Pentosan
N	0.17
Zellulose	15.91
Zellmembran	46.16 mit 2.24 g Pentosan
Restsubstanz	32.41
Fett	0.84
Lösliches	15.52
Verbrennungswärme	260.4

Dem ungleichen Aschegehalt kommt keine Bedeutung zu, man sieht aber die schon erwähnte starke Verminderung der Pentosen, eine Ver-

minderung des N, der Zellulose, Zellmembran und des Fettes; an ihrer Stelle treten lösliche Substanzen auf, die der Hauptsache nach in Alkohol aufgenommen werden.

Von den Pentosen liegt ein erheblicher Teil in gelöster Form vor, denn von 9.61 g Gesamtpentosen sind nur 3.43 Pentosan in der Zellmembran, während im Holz selbst gelöste Pentosen nicht enthalten sind. Von den 23.75 g löslicher Produkte sind nur 6.18 g Pentosane, d. h. 26.0 Prozent, während die Behandlung des Holzes mit 5 Prozent kalter Kalilauge ein Produkt mit 70 Prozent Pentosanen liefert. Durch die CIH sind aber Pentosane in erheblicher Menge zerstört worden, während die Kalibehandlung viel milder ist und keine Zerstörung von Pentosanen und Pentosen herbeiführt. Die Menge der löslichen Substanz ist mit der Zeitdauer nicht sehr gewachsen, denn auch nach 3 Tagen hatte ich in anderen Versuchen 23 bis 25 Prozent Lösliches gefunden. Berechnet man für 100 Teile Zellmembran die Zusammensetzung, so findet sich

	in vorliegendem Präparat	in ursprünglichem Holz
Zellulose	34.46	37.23
Pentosane	4.86	33.69
Rest	60.68	29.08

Ob der „Rest“ in dem CIH-Präparat ganz im Verband der Zellmembran steckt, läßt sich nur dadurch wahrscheinlich machen, daß ihn keines der angewandten Lösungsmittel abtrennen läßt; er wird aber bei der Herstellung der Zellulose zerstört, denn diese ist nur leicht bräunlich, nicht mehr schwarz.

Über die Ausscheidung gibt die nächste Tabelle Aufschluß:

In 100 Teilen Kot sind enthalten:		In 63.8 g pro Tag
Asche	19.29	12.3
Organisches	80.71	51.5
Pentosen	7.58	4.84 = 4.27 Pentosan
N	4.31	2.75
Zellulose	25.41	16.21
Zellmembran	48.97 mit 3.04 g Pentosan	31.24 mit 1.94 g Pentosan
Restsubstanz	20.52	13.09
Fett	1.50	0.96
Verbrennungswärme	398.0	257.5

In 100 Teilen Zellmembran des Kotes waren:

	Bei unversehrtem Birkenholz	
Zellulose	51.07	43.85
Pentosan	6.66	24.20
Rest	42.27	31.95

Die Ausscheidungen des Hundes nahmen nur mäßig zu, der Kot war schwarz ohne starken Geruch und betrug bei 428 g frisch 191.4 g Trockensubstanz, er besaß also 44.6 Prozent Trockensubstanz. Diese Erscheinung war auch schon bei dem Birkenmehl aufgefallen, sie ist leicht erklärlich. Der Trockenheitsgrad wird durch die Holzfaser bedingt, die selbst nicht quillt. Die Menge des Kotes betrug pro Tag 63.8 g.

Die Zellulose ist also offenbar, wie stets der weniger verdauliche Teil der Zellmembran. Über die Resorption der einzelnen Bestandteile der Zellmembran und der Pentosane überhaupt hat sich folgendes ergeben:

Von 100 Teilen gehen zu Verlust:

	Birkenholz mit CIH behandelt	Normales Holz
Pentosen	68.07	55.40
Zellulose	100	60.78
Pentosen in der Zellmembran	86.60	—
Zellmembran	67.67	64.94
Restsubstanz	40.39	—

Das am leichtesten Lösliche ist also die „Restsubstanz“, die sonst die Lignine usw. umfaßt, aber hier vielleicht durch Umwandlungsprodukte ersetzt ist.

Jedenfalls ist die Rückwirkung des Präparates auf den Darm eine ungünstige gewesen. Das kann man an der ganz erheblichen N-Ausscheidung sehen. Bei reiner Fleischkost kommen nur 1.09 g N pro Tag im Kot; auch reines Birkenholz vermehrt die N-Menge nicht, somit hat eine Störung der Resorption des Fleisches als Nebenwirkung stattgefunden. Diese läßt sich weiter feststellen, wenn man den Brennwert des Kotes untersucht und dabei in Rechnung stellt, daß bei 1000 g Fleisch pro Tag 67.74 Kal. im Durchschnitt mit dem Kote entleert werden, weiter läßt sich der Brennwert der im Kote ausgeschiedenen Zellmembran und der freien Pentosane des Kotes in Abzug bringen. Im Kot sind 4.27 g Pentosane, in der Zellmembran nur 1.94, es sind also freie Pentosane vorhanden, $4.27 - 1.94 = 2.33$ g pro Tag, während ich bei normalem Birkenholz bei 75 g täglicher Zufuhr 3.85 Pentosen = 3.4 g Pentosane gefunden hatte.

Der Kot enthielt 257.5 kg-cal. als Brennwert, zieht man davon 67.7 Kal. ab für den Fleischkot, so bleiben 189.8 für die durch das Präparat bedingte

Ausscheidung. Die Zufuhr beträgt 260 Kal., was einen Verlust von 73·0 Prozent der Kalorien ergibt, der nur auf das Birkenpräparat allein entfällt. Ob die Unresorbierbarkeit des Birkenpräparates allein oder eine Anregung zur Ausscheidung der Stoffwechselprodukte vorliegt, ergibt folgende Zusammenstellung:

In der Ausscheidung	257·5 Kal.
in 31·24 Zellmembran 1 g etwa 4·266 Kal. = 133·2, 2·33 freie	
Pentosane = 2·64 Pentosen × 3·7 = 9·8.	143·0 „
	<u>Rest</u> 94·5 Kal.

Da im Fleischkot nur 67·7 Kal. kommen sollen, hier aber 94 be rechnet werden, so muß auch eine Reizung des Darmes zu höherer Sekretion vorhanden gewesen sein.

Die Aufschließung des Holzes hat also irgendeinen Vorteil für die Verdaulichkeit nicht erbracht, im Gegenteil eine gewisse Verschlechterung des Resultates mit reinen Holzmehles herbeigeführt, die Zellulose blieb ganz unberührt; neben der Reizung des Darmes scheint das Wachstum der zelluloselösenden Bakterien behindert worden zu sein, da es nicht einmal zu jenem Grade der Auflösung der Zellulose kam, wie ich ihm sonst bei dem gewöhnlichen Birkenholzmehl nachgewiesen habe.

III.

Versuche mit Holzmehl (Schwalbe).

Als Holzmehlprobe habe ich zwei verschiedene in Händen gehabt; zunächst ein sehr feines weißes Pulver, das einen deutlichen Geruch nach Essigsäure erkennen ließ. Die Menge reichte nur zur Ausführung einer Analyse aus, die folgendes Ergebnis hatte:

In 100 Teilen Trockensubstanz war:

Asche	0·50 Prozent
Organisches	99·50
Pentosen	13·62 = 12·03 Pentosan
N	0·10 = 0·62 Rohprotein
Zellulose	47·14
Zellmembran	74·40 mit 8·03 g Pentosan
Fett	1·06

Ein Teil der Substanz war in Wasser und Alkohol löslich, sie läßt sich aus der Differenz zwischen organischer Substanz überhaupt und der Summe der Zellmembran, Fett + Protein berechnen, nämlich:

= 25·4 Prozent. An löslichen Pentosanen waren vorhanden 12·03 — 8·03 = 4·0 g. Die lösliche Substanz bestand also zu 17·1 Prozent aus Pentosanen bzw. der entsprechenden Menge Pentosen. Im Holzmehl waren noch 1·42 Prozent CIH enthalten, das Destillat war CIH-frei, gab jedoch die Reaktion auf Essigsäure, das Lösliche war also auch nicht reichlicher, als in dem Versuch mit einfacher CIH-Dampfbehandlung des Birkenholzmehles, nur enthielt das Birkenholzpräparat mehr Pentosen in dem löslichen Produkt, was mit dem größeren Pentosengehalt dieses Holzes überhaupt zusammenhängt. Da das Birkenpräparat weit zelluloseärmer ist als vorliegendes, wäre es an sich ein zweckmäßigeres Material für die Bearbeitung zu Holzmehl.

Ein zweites Präparat, das in größeren Mengen geliefert wurde, war tiefbraun, nicht so fein zermahlen wie das erste, es hatte gleichfalls den eigentümlich sauren Geruch. Ein ausgeprägter Geruch nach Fichtenholz macht sich dann bemerkbar, wenn man mit heißem Wasser extrahiert, das Material hat den typischen Geruch nach Sägespänen.¹

Es handelt sich um Fichtenholzmehl, das etwas mit Kiefernholzmehl verunreinigt ist. Prof. Schwalbe teilt mir über die Zusammensetzung für lufttrockne Substanz folgendes mit:

100 Teile enthalten:

Wasser	4·08
Ätherextrakt	3·48
Terpentin	0
Gesamtsalzsäure	0·88
Flüchtige CIH	0·16
Flüchtige Essigsäure	0·15

Harze sollen in dem Präparat nicht vorhanden sein. Die braune Farbe kann vermieden, wenn es nötig ist, auch die Säure kann beseitigt werden. Weitere analytische Feststellungen sind mir nicht bekannt.

Von anderer Seite sind mir folgende Analysen über das Schwalbese Holzmehl mitgeteilt worden, welche sehr wichtig für die Entstehungsweise des Fichtenmehls sind und sich auf das weiße Präparat beziehen.

¹ An dem in der Wärme auftretenden Geruch habe ich einmal auch die Verfälschung eines Honigkuchens mit Holzmehl auffinden können. Während die Ware nur durch ihre trockene und wenig mundende Beschaffenheit auffiel, entwickelte sich bei Eintauchen in heißen Tee sofort der dem Fichtenholz so zähe anhaftende Geruch.

Fichtenholzmehl.

	Unbearbeitet	Nach Schwalbe bearbeitet	
	in 100 Teilen		Wasserfrei ber.
Wasser	7.14	7.37	
Asche	0.33	0.54	0.59
Ätherextrakt	1.52	0.75	0.80
N	1.10	0.37	0.39
Rohfaser	64.23	66.85	72.17
N-freie Extraktivstoffe	25.28	24.12	26.04

Außerdem wurden Salz- und Essigsäure nachgewiesen. Wesentliche Veränderungen der Zusammensetzung sind also nicht ersichtlich, jedenfalls ergibt sich nur in Ätherextrakt und N-Gehalt eine nennenswerte Differenz. Die Rohfaser ist dieselbe geblieben; von einer Aufschließung wäre hiernach nichts zu bemerken, die Einwirkung der Salzsäure muß also nur kurzdauernd gewesen sein.

Nach meiner Analyse, welche das Material weiter gliedert, als die übliche Rohfaserbestimmung, ergibt sich für das verfütterte (braune) Holzmehl folgendes:

Braunes Holzmehl (Schwalbe).

In 100 Teilen Trockensubstanz sind:

	In 100 Teilen Trockensubstanz sind:	In 85.1 g Trockensubst. pro Tag
Asche	0.89	0.75
Organisches	99.11	84.35
Pentosen	12.76 = 11.26 g Pentosan	10.85 = 9.59 g Pentosan
N	0.12 = 0.75 Rohprotein	0.10
Zellulose	36.90	31.39
Zellmembran	71.25 mit 6.94 g Pentosan	60.63 mit 5.89 g Pentosan
Restsubstanz	27.41	23.05
Fett	3.27	2.78
Verbrennungswärme	476.3 kg-cal.	405.0

Der Zellulosegehalt ist also viel kleiner, als ihn der Rohfasergehalt vermuten läßt und es erscheint unter den Bestandteilen ein Gemisch wasserlöslicher Substanzen, die direkt nicht reduzierten und 25.1 Prozent des ganzen Mehles ausmachten. Das darf wohl als Nebeneffekt der gesuchten Aufschließung zu betrachten sein.

Zieht man von der organischen Substanz 99.11 g die Summe von Fett und Protein + Zellmembran ab 75.27 g, so bleiben als lösliche Substanz 23.84 g, während rund 25.1 Prozent durch Extraktion gefunden werden.

Von den 23.84 gelösten Teilen sind 4.32 Teile Pentosane = 18.12 Prozent; beide untersuchten Präparate stimmen in dieser Hinsicht überein. Es sind demnach relativ viel Pentosen in eine wasserlösliche Form übergeführt worden, doch gaben diese Lösungen keine Reduktion mit Trommerscher Probe. Auch nach dem Kochen mit Säure ließen sich keine Osazone gewinnen. Ob also dieser Substanzmischung ein Nährwert zukommt, blieb fraglich.

Die Kotbildung war enorm gesteigert, in 3 Tagen wurden nicht weniger als 574 g frischer Kot entleert mit 262.0 g Trockensubstanz, also = 46.6 Prozent. Auch hier war keine Diarrhöe eingetreten, vielmehr waren die Kotmassen so hart, wie sie es leider bei allen ähnlichen Präparaten sind, pro Tag wurden 87.3 g trockner Kot ausgeschieden, während bei der Aufnahme von Fleisch allein nur etwa 15 g erschienen waren. Schon dies zeigt im allgemeinen eine enorme Belastung des Darmes.

Über die Zusammensetzung des Kotes gibt folgende Tabelle Aufschluß:

100 Teile Kot enthalten:	87.3 g Kot pro Tag enthalten:	
Asche	4.44	3.88
Organisches	95.56	83.62
Pentosen	8.12 = 7.17 Pentosan	7.10 = 6.27 Pentosan
N	2.09	1.83
Zellulose	35.67	31.40
Zellmembran	61.40 mit 5.50g Pentosan	53.72 mit 4.81 g Pentosan
Restsubstanz	20.11	17.58
Fett	2.22	1.94
Verbrennungswärme	477.3	417.6

Der Kot ist also sehr reich an Zellulose und Zellmembran, er unterscheidet sich nicht sehr viel von der eingeführten Substanz überhaupt, so sehr tritt die Beteiligung der Stoffwechselprodukte gegenüber dem Unresorbierten zurück. Eine gewisse Umwandlung der eingeführten Zellmembran ist eingetreten, wie man beim Vergleich der Prozentzahlen sieht.

100 Zellmembran enthalten:

	Zufuhr	Ausfuhr
Zellulose	51.79	58.12
Pentosan	9.75	8.96
Restsubstanz	38.46	32.94

Die Zellulose überwiegt wie stets in der Ausfuhr.

Der Verlust an sonstigen Bestandteilen ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

Von 100 Teilen gehen verloren:

von den Gesamtpentosen	65·45
von der Zellulose	100
von den Zellmembranen	88·58
von den Pentosan in der Zellmembran	81·69
von der Restsubstanz	76·27

Von den löslichen Pentosen ist aber ein Teil aufgenommen worden, von 3·70 sind nur mehr 1·46 im Kot vorhanden = 39·46 g Verlust. Da die Möglichkeit besteht, daß solche Verbindungen im Harn austreten, wurde vom Harn des 3. Tages = 500 $\frac{1}{10}$ auf Pentosen untersucht und 0·434 g Pentosen gefunden, demnach wäre ein Teil mit dem Harn ausgeschieden worden. Ob diese gerade von den vorher gelösten herrühren oder zum Teil aus den Pentosanen der Zellmembran stammen, läßt sich nicht sagen.

Die Verluste sind in jeder Beziehung größer als z. B. bei Birkenholz, das gar keine Bearbeitung erfahren hat. Ein Vergleich mit dem vorhergehenden Versuch zeigt auch keinen Vorteil dieses Präparates zu dem mit CIH behandelten Birkenholz. Die Zellulose ist in beiden Versuchen gar nicht angegriffen, was möglicherweise auf irgendeine Störung der Darmflora zurückzuführen ist.

Berechnet man den Brennwert des Kotes	417·6
und zieht davon die Kalorien des Fleischkotes ab	67·7
so hinterbleibt der auf die Wirkung der Holzmehlfütterung	
treffende Anteil	349·9 Kal.

In der Zufuhr waren 405·0 kg-cal., also sind rund 86·4 Prozent zu Verlust gegangen. Prüft man dann noch die Frage, ob die Unresorbierbarkeit des Holzmehles allein Schuld trägt, oder ob auch eine Reizung des Darmes vorlag, so hat man folgende Zusammenstellung:

In der Ausscheidung	417·6 kg-cal.
in 53·73 g Zellmembran pro Tag $53·72 \times 4·763 = 255·7$	
für gelöste Pentose $1·65 \times 3·7$	6·4
es bleibt für Stoffwechselprodukte =	262·4 „
	155·5 kg-cal.,

während Fleischkost nur 67·7 Kal. liefert. Dies beweist die Steigerung der Ausscheidung von Stoffwechselprodukten, worauf auch die hohe N-Ausscheidung hinweist.

Ich muß hier aber noch darauf verweisen, daß das Präparat zu $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes aus einem Stoffgemisch bestand, das in warmem und heißem Wasser löslich war. Diese Substanzen sind möglicherweise zum Teil nicht zur Aufnahme gelangt und an dem erheblichen Kalorienverlust mitbeteiligt.

Da hier möglicherweise der günstigste Nutzeffekt für die Verdauung überschritten war, so habe ich noch eine weitere Versuchsreihe mit etwas weniger Material ausgeführt. Bei reinem Birkenmehl war das Optimum der Resorption zwar bei 75 g, also nur wenig unter der hier gefütterten Menge. Immerhin konnte bei den ungünstigen Resultaten an einen solchen Einwand gedacht werden.

Als Kontrolle zu dem eben berichteten Versuch wurde nochmals eine Reihe mit nur 70 g lufttrockner Substanz ausgeführt = 66·22 g Trockensubstanz.

In der Zufuhr ist enthalten:

Asche	0·59
Organisches	65·62
Pentosen	8·45
N	0·08
Zellulose	24·43
Zellmembran	47·26 mit 4·59 g Pentosan
Restsubstanz	17·93
Fett	2·16
Verbrennungswärme	315·4

Der Verlauf des Versuches war ganz genau derselbe wie bei vorhergehender Reihe, die Kotentleerung voluminös, aber relativ trocken, die Analyse des Kotes ergab folgendes:

Entleert wurden in 3 Tagen 438 g frischer Kot = 200·45 g trocken = 45·8 Prozent Trockensubstanz. = 66·8 g Trockensubstanz pro Tag.

In 100 Teilen Kot sind:	In 66·8 g Kot pro Tag sind:	
Asche	4·42	2·95
Organisches	95·58	63·90
Pentosen	7·72 = 6·8 g Pentosan	5·16 = 4·55 Pentosan
N	2·21	1·47
Zellulose	30·00	22·04
Zellmembran	47·93 mit 3·95 g Pentosan	32·00 mit 2·3 g Pentosan
Restsubstanz	1·53	1·02
Verbrennungswärme	419·4	280·1

Der Kot zeigt in seiner Zusammensetzung eine weitgehende Ähnlichkeit mit dem ersten Versuch, ein Vergleich der gefütterten Zellmembran und der Ausscheidungen im Kote ergibt:

In 100 Teilen Zellmembran sind:

	Zufuhr	Ausfuhr	
		Versuch I	Versuch II
Zellulose	51.79	58.12	62.59
Pentosan	9.75	8.96	7.50
Restsubstanz	38.46	32.94	29.90

Die Ausscheidung enthält also Zellmembranteile, welche weit reicher an Zellulose sind wie die Einfuhr, Pentosan und Restsubstanz sind also besser resorbiert worden wie die Zellulose.

Als Verlust an sonstigen Bestandteilen läßt sich berechnen:

Von 100 Teilen Zufuhr gehen verloren:

von den Gesamtpentosan	61.06
„ der Zellulose	93.5
„ den Zellmembranen	67.7
„ der Restsubstanz	53.42
„ den Pentosan der Zellmembran	50.10

Verglichen mit dem ersten Versuch ist also das Ergebnis etwas günstiger, doch fällt wieder auf, daß die „Zellulose“, welche ja aufgeschlossen sein soll, wieder sehr ungünstig sich verhält, weit schlechter wie etwa bei den Experimenten mit Birkenholz, diesem ganz unveränderten und nicht präparierten natürlichen Material.

Der N-Verlust ist etwas weniger groß wie im vorigen Versuch, immerhin aber noch so groß, daß man von einer Steigerung des N-Verlustes mit Bestimmtheit sprechen kann, was sich auch aus der Verbrennungswärme des Kotes oder auch einfach aus der Menge der entleerten organischen Substanz —, die weit über die normale Größe der Rückstände des Fleischkotes hinausgeht, auch wenn man die entleerte Zellmembran abzieht, ergibt.

Nimmt man vorläufig als Gesamtausdruck des Verlustes die Menge der Kalorien, welche unresorbiert bleiben, so zeigt sich

Zufuhr	315.4 kg-cal.
im Kot abzüglich der Fleischkotkalorien $280.1 - 67.7 =$	212.4 „
= Verlust 67.34 Prozent.	

Der Gesamtverlust ist also erheblich geringer als bei der ersten Versuchsreihe.

Zur Beurteilung der Frage, ob eine Steigerung der Stoffwechselbestandteile des Kotes eingetreten ist, kann man folgende Berechnung aufstellen:

Im Kot sind enthalten	280.6 kg-cal.
davon ab 32×4.763 für Zellmembran .	153.4
für gelöste Pentose 2.48×3.7	$9.2 = 161.6$ „
	<hr/> 119.0 kg-cal.

Die Menge der Stoffwechselprodukte ist also erheblich größer als normal (= 67.7). Das Holzmehl hat sich zwar zum Teil als verdaulich erwiesen, zugleich aber einen störenden Reiz auf den Darm ausgeübt. Daher kann man sagen, daß es, abgesehen von den allgemeinen Erwägungen, welche sich gegen die Verwendung solchen Materiales geltend machen lassen, wegen dieser besonderen störenden Wirkungen zur Verwendung untauglich ist. Auf welche Produkte diese Schädlichkeit zurückzuführen ist, läßt sich nicht sicher sagen, es können vielleicht bestimmte Harzanteile sein, aber ebenso gut auch andere Körper, die durch die Behandlung mit Salzsäure entstehen.

Faßt man die drei Untersuchungsreihen zusammen, hat man folgende Ergebnisse:

	Proz. Verlust an Kal.	Mehrausscheidung an Stoffwechselprodukten in Kal. pro Tag
I. Birkenholzpräparat	73.0	94.0
II. Holzpräparat Schwalbe	86.4	155.2
III. „ „	67.3	118.2
Reines Birkenholz	63.4	0

Jede Behandlung mit Säuren verringert also den Nutzeffekt, der Resorption des Holzes, die Produkte sind nicht nur an sich wenig verdaulich, sondern reizen den Darm oder stören die Resorption des Fleisches.

Bei solchen Betrachtungen über den Nutzwert des präparierten Holzmehles müßte man, worauf ich nicht näher eingehen will, vielleicht auch noch die kalorimetrische Untersuchung des Harnes mit herausziehen. Entgegen dem Versuch mit reinem Birkenholz, wo ich nur Spuren von Pentosanen oder Pentosen im Harn fand, war hier bei dem aufgeschlossenen Material die Ausscheidung von Pentosen im Harn nicht unerheblich, nämlich 0.434 g pro Tag, möglicherweise könnten auch noch andere Produkte, die sich durch einfache Reaktionen nicht verraten, mit übergegangen sein.

Keines der Holzmehle zeigte einen Einfluß auf die Herabsetzung der Eiweißzersetzung beim Hunde, die resorbierte Substanz war allerdings auch nicht bedeutend.

Die Versuchsreihen wurden benutzt, um Asche und Kalkausscheidung im Harn zu verfolgen, das Ergebnis mag hier kurz angeführt sein. Die Knochenfütterung (an den Abgrenzungstagen) hatte keinen Einfluß auf die Ausscheidung von Kalk im Harn, wohl aber auf den Salzgehalt des Harnes im ganzen. Von den Holzpräparaten vermehrte das aus Birke hergestellte die Kalkausscheidung wohl wegen des größeren Säuregehaltes, den es besaß.

Nach den vorliegenden Ergebnissen schien es mir nicht aussichtsreich, auf die weitere Untersuchung solcher Produkte am Menschen einzugehen, da sie ja gegenüber unpräpariertem Birkenmehl keine Vorteile bieten und insoweit eine Veränderung der Zellulose, also ihre Überführung in eine andere Modifikation mit veränderter physikalischer Eigenschaft in Frage kommt, doch den Zweck leichter Verdaulichkeit nicht erzielen.

Die Verdaulichkeit von Weizenbrot.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Ziele und Aufgaben von Ausnutzungsversuchen.

Man hat bei den Untersuchungen über die Ausnutzung und Verdaulichkeit bei der Feststellung der üblichen Stoffwechselsubstanzen, wie Trockensubstanz, Fett und Asche halt gemacht. Ja in neuester Zeit will Hindhede überhaupt nur die Trockensubstanz bei einem Ausnutzungsversuch feststellen, sie genügt ihm für seine Art von Schlußfolgerungen.

Man ist über viele Einzelfälle von Nahrungsmitteln hinsichtlich der allgemeinen Züge der Ausnutzung, soweit es sich um rein praktische Beurteilung handelt, unterrichtet und aus rein praktischen Gesichtspunkten heraus ist man meist zur Aufnahme der Untersuchungen veranlaßt worden, besonders umfangreich waren solche auf dem Gebiete der Brotbereitung, während andere Gebiete der Nahrungsmittel so ziemlich vernachlässigt blieben.

Wenn ich mich in den nachfolgenden Untersuchungen nach mehreren Jahrzehnten nochmals an der Untersuchung über die Ausnutzung von Nahrungsmitteln beim Menschen beschäftige, so muß ich vor allem einige prinzipielle Fragen behandeln, durch deren Lösung der Ausnutzungsversuch uns nicht nur zum empirischen Mittel des Vergleichs einzelner Nahrungsmittel untereinander sich ausgestaltet, wie das für alle bisherigen Untersuchungen auf diesem Gebiete gilt, sondern zu einem Experiment, welches die Gründe der verschiedenen Verdaulichkeit aufdeckt, damit die Vorstellungen über die Nahrungsmittelresorption fördert und diese Art von Untersuchung zur Erkenntnis der Resorptionsvorgänge auswertet. Schon bei meinen ersten Untersuchungen über die Ausnutzung einiger Nahrungsmittel¹ und der unmittelbar anschließenden Arbeiten² hatte ich die Ausnutzung nicht als empirischen Ausdruck eines spezifischen Verlustes unverdaulicher Produkte

¹ *Zeitschrift f. Biol.* Bd. XV.

² *Ebenda.* Bd. XVI. S. 19.