

enthält, so ist die schlechte Verdaulichkeit eine Wirkung der schlechten Zubereitung.

Die Zellmembran der Wicke ist schlechter verdaulich als jene der Vogelwicke, besonders schlecht wurde die Zellulose verdaut mit 97·64 Prozent Verlust. Die harten, groben Hülsen reizen offenbar den Darm und hindern die Resorption aller Bestandteile. Vom N gehen nicht weniger als 56·8 Prozent verloren, obschon, wie gesagt, die Eiweißstoffe an sich, nach dem Ergebnis bei Vogelwicken beurteilt, sich nicht ungünstig verhalten müßten. An Protein war im Kot im Tag 1·75 g N entsprechend, was einem Verlust von 19·05 Prozent entspricht, woraus weiter folgt, daß 34·0 Prozent des ausgeschiedenen N Proteinverlust und 66·0 Prozent Verlust aus Stoffwechselprodukten war.

Die Zellmembran selbst erklärt den hohen Kalorienverlust im Kot nicht, denn sie macht nur 87·3 Kalorien aus; die Hauptmasse besteht neben den Stoffwechselprodukten und Proteinverlust aus unresorbierter Stärke. Es ist anzunehmen, daß das Wickenmehl fein zermahlen sich wohl wesentlich günstiger verhält. Jedenfalls muß der Versuch zur Abscheidung der Wickenschalen durch Sieben gemacht werden, da nur dann die wertvollen Nährstoffe entsprechend verwertet werden können.

Über die Verwertung einiger Nebenprodukte der Stärkeindustrie für die Ernährung.

Von

Geheimrat **Max Rubner**.

Die Kartoffel gehört zu den gut aufnehmbaren Nahrungsmitteln, allerdings erreicht sie, was Resorptionsfähigkeit anlangt, nicht die Gebäcke und Speisen aus feinem Weizen- oder Reismehl, aber mit 5·61 Prozent Verlust an Kalorien stellt sie sich doch nach meinen Versuchen günstig. Allerdings gilt dies nur für mäßige Zufuhr von 2000 bis 2500 Kalorien, während nach meinen älteren Untersuchungen bei 3300 Kalorien Zufuhr die Grenze der guten Verdaulichkeit (rund etwa 14 Prozent Verlust der Kalorien) schon erheblich überschritten sein kann, während gleichgroße Mengen Weizenmehles noch ausgezeichnet resorbiert werden. Diese ungünstige Stellung gegenüber dem Weizen ist nicht wohl in der Verschiedenheit des Zellmembrangehaltes, als wahrscheinlich zum Teil in der Eigenart der Stärke gelegen, da man bei Aufnahme von Mischungen von Kartoffel- und Weizenstärke häufig die erstere im Kote unverändert findet, während die Weizenstärke glatt verdaut ist. Ihr Vorzug in der Verdaulichkeit der Brotarten aus mittlerem Vollkornmehl gegenüber kommt keineswegs immer voll zum Ausdruck. Nach Versuchen von mir und Thomas eignet sich die Kartoffel nur als Beimengung zu kleiarmen Mehlen, während bei stark ausgemahlene die Verdaulichkeit des Gemisches herabgesetzt wird. Das trifft namentlich auf die Kriegsbrote zu. Es mögen auf diese Weise durch die unzweckmäßige Kombination von Brot und Kartoffeln Zehntausende von Tonnen an Zerealien gewissermaßen verloren gegangen sein.

Die Kartoffel verdankt ihre gute Resorbierbarkeit zum erheblichen Teil dem geringen Zellmembrangehalt der entschälten Frucht; auch

scheint annehmbar, daß die feinen Zellhüllen des Parenchyms in Analogie zu anderen Fällen zu den leichter resorbierbaren gehören, doch liegen Versuche darüber nicht vor.

Es ist zweifellos vielfach die Schale der Kartoffel mit zu Brot verbacken worden, besonders da, wo Kartoffelwalzmehl zur Streckung ausgegeben wurde. Die Mengen der Schale im Verhältnis zum übrigen ist nicht genau bekannt, auch nach Größe, Art der Kartoffel und dem Verkorkungsgrade wechselnd, immerhin mag die Masse der Zellmembranen in der Schale mitunter etwa fast so viel ausmachen, als die Zellmembran im übrigen Teil. Der hohe Zellulosegehalt und die weitgehende Verkorkung läßt die Kartoffelhaut als etwas Minderwertiges erscheinen.

Man denkt in neuester Zeit an eine ausgedehnte Verwertung der Trockenkartoffel als Konserve der täglichen Küche. An und für sich stehen dem keine Bedenken entgegen — außer der Beschränktheit der Verwendung der Trockenpräparate —, falls das Trocknen in geeigneter Weise geschieht. Das zurzeit im Handel befindliche Material von Trockenkartoffeln entspricht aber nicht immer nach Aussehen, Geschmack und Geruch dem an ein menschliches Nahrungsmittel zu stellenden Anforderungen. Offenbar wird manchmal nachlässig oder ungeschickt bei der Trocknung verfahren und bei der Hast, mit der die Herstellung dieser Waren betrieben worden ist, können schlechte Ergebnisse, die unterlaufen, nicht in Erstaunen setzen. Es ist auch geradezu widersinnig, schlecht gewordene Kartoffeln, wie empfohlen wurde, mit zu trocknen, da hierdurch die Ware für den menschlichen Gebrauch geradezu ungenießbar, also nur verschleudert wird.

Bei der technischen Verarbeitung der Kartoffel entstehen eine Reihe von Produkten, so bei der Spiritusbereitung, auch bei der Stärkedarstellung und bei der Fabrikation der Preßkartoffel. Da auch solche Nebenprodukte, die früher zur tierischen Ernährung verwendet wurden, in mehr oder minder unverblümter Form für menschliche Zwecke in Erwägung gezogen werden, sollen in nachstehendem einige dieser Produkte näher untersucht werden, zumal sich dabei Fragen von allgemeiner Bedeutung haben beantworten lassen.

Die Kartoffelpülpe.

Zu den Nebenprodukten der Kartoffelindustrie gehört die Kartoffelpülpe. Das mir zur Untersuchung überwiesene Material stammte aus einer Stärkefabrik; die Pülpe entsteht dabei aus den Resten der Kartoffel, die bei dem Abschwemmen der Kartoffelstärke aus dem zerkleinerten

Material zurückbleiben. Die Pülpe war ein ungefärbtes, geschmack- und geruchloses Pulver, reich an Stärke. Diese läßt sich bei einfachem Zusatz von Jod nicht immer gleich erkennen. Ihrer Natur nach müßte die Pülpe auch reich an Zellmembran sein; das bot die Möglichkeit, die letztere auf ihre Resorbierbarkeit mit zu prüfen, ohne sie erst mühsam eigenhändig herstellen zu müssen.

Die Pülpe hat gegenwärtig, da so wenig Kartoffeln zur Stärkefabrikation verwendet werden, kaum als Nahrungsmittel eines Volkes wirtschaftliche Bedeutung; in Friedenszeit wird sie aber als Nahrungsmittel nicht verwendet, weil dann genügend anderes Material, das sich für die Ernährung besser eignet, vorhanden ist.

Die Pülpe dürfte wohl eine schwankende Zusammensetzung haben, da Ausgangsmaterial und Betriebsart nicht ohne Einfluß bleiben werden.

Nach einer Angabe bei König (Bd. II) berechne ich für 100 Teile Trockensubstanz:

N-Substanz	6.35 Prozent	
Fett	0.70	..
N-freie Extraktstoffe	79.30	.. (exkl. Rohfaser)
Rohfaser	10.00	..
Asche	3.33	..

Mein Präparat war folgendermaßen zusammengestellt:

Kartoffelpülpe.

	In 100 Teilen Trockensubstanz	In 100 lufttr. = 90.7g trocken pro Tag
Asche	2.90	2.63
Organisches	97.10	88.02
N	0.62	0.56
Pentosan	8.81	7.99
Zellmembran	43.92 mit 6.50g Pentosan	39.83 mit 5.89g Pentosan
Zellulose	19.91	18.06
Rest	17.51	15.88
Stärke	44.7	40.54
Fett	0.13	0.12
Verbrennungswärme	407.6	369.6

Zusammensetzung des Kotes.

	In 100 Teilen tr. Kot	In 73.4 g tr. Kot pro Tag
Asche	22.01	16.15
Organisches	77.99	57.25
N	3.36	2.46
Pentosan	4.64	3.41
Zellmembran	24.02 mit 2.78g Pentosan	17.63 mit 2.06g Pentosan
Zellulose	14.79	10.84
Rest	6.75	4.73
Fett	0.80	0.56
Stärke	20.90	15.34
Verbrennungswärme	368.2	270.2

In 100 Teilen Zellmembran

Zellulose	61.53
Pentosan	11.59
Rest	26.88

Es war N-ärmer, als die oben angegebene Analyse im Durchschnitt angibt, sehr fettarm, ziemlich reich an Pentosan, von welchem der größte Teil in der Zellmembran sich befindet. 43.9 Prozent waren Zellmembran, die sogenannten N-freien Extraktstoffe waren größtenteils Membranen. Zieht man alle näher bestimmten Stoffe von der organischen Substanz ab, so bleiben nur 44.7 Prozent als eigentliche N-freie Extrakte, die hier aus Stärkemehl bestehen.

Das Präparat enthielt in diesen also ein wohl verwertbares Nährmaterial, dagegen ist, von der Verdaulichkeit vorläufig abgesehen, der Zellmembrangehalt so hoch, daß er alle sonst pflanzlichen Nahrungsmittel, die etwa als menschliche Nahrungsmittel benutzbar sind, erheblich übertrifft.

Die Zellmembranen haben die Eigenschaft, bei dem Aufweichen in Wasser und nach dem Auswaschen usw. zu einer sehr voluminösen Masse aufzuquellen. Ihre Zusammensetzung geht aus den Zahlen der Tabelle hervor. In der Zellmembran der Kartoffel und in den Kartoffelschalen haben sich früher gefunden:

	Zellmembran des Parenchyms	Kartoffel- schale	Kartoffel- pülpe
Zellulose	40.72	51.87	45.32
Pentosan	5.55	8.55	14.80
Rest	53.70	39.58	39.88

Auffallend groß ist der Unterschied in der Zusammensetzung mit Bezug auf die Menge der Zellulose; es wäre denkbar, daß etwa stark verkorkte Schalen beigemengt waren, worüber ich Näheres festzustellen nicht in der Lage war.

a) Verdaulichkeit der rohen Pülpe.

Zunächst habe ich die Pülpe als „Mehl“ (100 g pro Tag lufttrocken) mit dem Fleisch gemengt und dem Versuchshunde zu 1000 g Fleisch gefüttert. Sie feuchtete sich aus dem Fleisch mit Wasser an und in diesem Zustand nahm der Hund das Material auf.

Im ganzen betrug die Aufnahme

der Kartoffelpülpe (s. Tab. S. 9) 369.6 Kal., die Ausscheidung 270.2 Kal.

Davon gehen ab:

17.63 Zellmembran × 4.1 Kal.	72.2	„
1.35 fr. Pentosan × 3.9	5.26	„
4.8 Protein × 5.81	27.8	„
15.3 × 4.18 Stärke	70.1	„
	175.4	„
bleibt	94.8	Kal.
Der Fleischkot liefert im Durchschnitt . . .	67.7	„
also mehr	17.1	Kal.

Es kommt also etwas mehr, als sonst an Fleischkotkalorien geliefert wird, aber der Unterschied ist so unbedeutend, daß man nicht sagen darf, er beweise eine Darmreizung mit vermehrter Bildung von Kot. Von den 369.6 Kalorien der Einfuhr waren 175.4 Kalorien in den näher angegebenen Produkten wieder entleert worden, also sicher **47.43 Prozent** der Kalorien wieder verloren gegangen — wozu bei alleiniger Verfütterung von Pülpe noch Stoffwechselprodukte zu rechnen wären.

Die Menge der Stoffwechselprodukte der Verdauungssäfte wurden hier ausschließlich in der Form des Fleischkotes geliefert; das Fleisch war also in der Lage, noch 396.6 Kalorien der Kartoffelpülpe mit zu verarbeiten und zur Resorption zu bringen.

Erheblich ist die Gesamt-N-Ausscheidung im Kot; im Durchschnitt liefern 1000 g Fleisch 1.03 g N im Kot, bei Pülpe treten 2.46 g N aus. In der Zellmembran ist N eingeschlossen und durch kein Lösungsmittel zu entfernen, aus Kot dargestellt 0.77 g, so daß immer noch 0.66 g N außerdem mehr ausgeschieden wurden, die als Mehrung der N-haltigen Stoffwechselprodukte verbleiben.

Was die Zellmembran selbst anlangt, so ist diese zwar nicht sehr gut, aber doch nicht unter großem Verlust aufgenommen worden.

Es wurde verloren:

von Zellmembran	44.26 Prozent
„ Zellulose	60.06 ..
„ Pentosan	34.9 ..
„ Restsubstanz	29.8 ..

Die Zellmembran entspricht in ihrer Verdaulichkeit zwar nicht den leicht resorbierbaren, wohl aber auch wieder nicht den schwer resorbierbaren Arten. Da wir sie im wesentlichen als Kartoffelzellmembran ansehen dürfen, so wird es auch erlaubt sein, diese Ergebnisse als Hinweis auf die Verdaulichkeit der Kartoffel zu betrachten. Geschälte Kartoffeln enthalten nach meinen Bestimmungen 5.59 Prozent Zellmembran, was einem Mehl mittleren Kleiengehaltes entspricht.

Die Verdaulichkeit der eigentlichen Kartoffelzellmembran nach Ausschluß der Schalen dürfte vielleicht günstiger sein, als die vorstehenden Versuche ergeben, weil dabei nur feine, zarte Zellmembranen in Frage kommen, ähnlich wie für den Mehlkern der Getreidearten.

Der Hund hat im Tag rund 22 g Zellmembran resorbiert, was etwa 9 Prozent seines Tagesumsatzes an Kalorien ausmacht. Ähnliche Größen habe ich auch bei Verfütterung anderer Zellmembranen gefunden. Man kann also auch in quantitativer Hinsicht nicht behaupten, daß der Darm des Hundes nur wenig leistungsfähig sei hinsichtlich der Resorption der Zellmembranen. Der Unterschied zwischen Fleisch- und Pflanzenfresser scheint mir kein prinzipieller zu sein. Auch der Fleischfresser resorbiert, wie ich in zahlreichen Einzelbeispielen gezeigt habe, Zellmembranen verschiedener Art bis zu reiner Zellulose, nur die quantitative Leistung ist begrenzt. Über ein gewisses Maß kommt der Hundedarm in der Resorption nicht hinaus, und diese Menge spielt in seinem Ernährungshaushalt keine bedeutende Rolle, um so weniger, als ja der volle Nährwert der resorbierten Kalorien für den Kraftverbrauch nicht in Anschlag gebracht werden darf. Ähnlich liegt die Sache auch für den Menschen.

Der letzte Nährstoff, den wir zu betrachten haben, ist die Stärke; ihre Resorption war sehr ungünstig. Frühere Versuche haben bewiesen, daß man bei der Resorption der Stärke unter Umständen mit einem Effekt von 99.5 Prozent rechnen kann. Hier wurden 37.83 Prozent verloren, von der Zellmembran 55.7 Prozent. Demnach ist die Resorption der Stärke nicht viel größer gewesen wie die der Zellmembran. Das kann unter allen Umständen nur auf die Anwendung der Pülpe in ungekochtem Zustande zurückgeführt werden, da sonst kaum ein anderer Grund für die mangelhafte Aufnahme zu finden sein dürfte. Zwar käme vielleicht

noch der Umstand in Betracht, daß ein Teil der Stärke in schwer lösliche Zellmembran eingebettet ist. Die Frage wird durch den nachfolgenden Versuch mit gekochter Pülpe entschieden.

b) Gekochte Pülpe.

Zu dem folgenden Versuch waren 1000 g Fleisch 70 g Pülpe gekocht zugesetzt worden; im übrigen bleibt die Ausführung der Versuche genau dieselbe wie vorher.

Die näheren Angaben der Zufuhr und Ausfuhr enthält die nachstehende Tabelle.

In 63.52 tr. Kartoffelpülpe ist enthalten

Asche	1.84
Organisches	61.68
N	0.39
Pentosan	5.59
Zellmembran	27.89
Zellulose	12.62
Pentosan darin	4.12
Rest	11.15
Stärke	28.38
Fett	0.08
Kalorien	258.8

In 100 Teilen Kot sind In 40 Teilen Kot sind im Tag

Asche	14.78	5.91
Organisches	85.22	34.09
N	3.94	1.58
Pentosan	6.47	2.59
Zellmembran	34.44 mit 4.57g Pentosan	13.78 mit 1.83g Pentosan
Zellulose	22.36	8.94
Rest	7.51	3.01
Stärke	15.09	6.0
Verbrennungswärme	412.7	165.1

In 100 Teilen Zellmembran

Zellulose	64.92
Pentosan	13.26
Rest	21.82

Das Hauptinteresse konzentriert sich zunächst auf die Verbesserung der Gesamtausnutzung des Präparates, wie sie durch die Kalorien angezeigt wird.

Von den gefütterten 258·0 Kalorien pro Tag kamen im Kot 165·1 Kal. Davon gehen ab:

13·78 × 4·1 Kal. für Zellmembran	56·5
0·76 × 3·9 „ als Pentosan	3·0
2·80 × 5·88 „ als Protein	16·5
6·10 × 4·18 „ als Stärke	24·5 = 100·5 „
	bleibt 64·6 Kal.
während im Mittel Fleischkot liefert	67·7 „

Hier fehlt jede Steigerung der Stoffwechselprodukte, während sie im vorhergehenden Versuch in allerdings geringem Maße nachweisbar war.

Von den gefütterten 258·0 Kalorien waren also unverdaulich 100·5 = 38·9 Prozent. Das ist wieder ein Minimalwert, weil die Verdauung durch die Fütterung des Fleisches mit besorgt wurde, also bei ausschließlicher Pülpfütterung noch besonders die Bildung von Stoffwechselprodukten eintreten müßte. Ob diese dann nur die Höhe von 67·7 Kal. der Fleischstoffwechselprodukte erreichen würden, muß dahingestellt bleiben, weil methodische Prüfungen in Nahrungsgemischen bis jetzt nicht bekannt sind.

Von der Stärke (= 28·38 g der Zufuhr) gingen 6·0 g = 21·16 Prozent verloren. Es ist danach durch das vorhergehende Kochen der Gesamtverlust der Kalorien von 47·4 auf 38·8 Prozent und der Verlust an Stärke von 37·83 auf 21·16 Prozent herabgegangen. Das Resultat ist für die Beurteilung der Pülpe als Nährmaterial entscheidend. Die Stärke hätte, wenn sie wirklich frei läge, nach dem Kochen mindestens nur mit einem Verlust von nur wenigen Prozenten verdaut werden müssen, wie aus den zahlreichen Untersuchungen an Brot hervorgeht. Das geschah aber nicht, die Verbesserung ist nur gering; also muß es sich um Stärke handeln, welche den Verdauungssäften nur schwer zugänglich ist, d. h. um Reste, die in Zellmembran eingeschlossen sind.

Zu gleicher Zeit läßt sich die Frage beantworten, ob die Zellmembran durch das Kochen und eventuell dadurch bedingte Quellen leichter verdaulich wird.

Die Verluste an Pentosan und Zellmembran stellen sich wie folgt:

	Trockenpräparat (voriger Versuch)	Gekochte Pülpe	Mittel
Pentosan	42·70	46·33	44·51
Zellmembran	44·26	49·44	46·85
Pentosan in Zellmembran . .	34·90	44·40	39·65
Restsubstanz	29·80	26·90	28·39
Zellulose	60·06	70·8	65·07

Die Unterschiede der Resorption sind also in beiden Fällen unbedeutend, am größten noch hinsichtlich der Zellulose, was aber nicht viel besagen will. Die Gesamtpentosane kommen sich auch in der Aufnahme in beiden Fällen sehr nahe. Im Mittel genommen erinnert die Verdaulichkeit der Kartoffelzellmembran etwas an die Kleie.

Das Fütterungsoptimum für die Zellmembran war im ersten Versuch nicht überschritten. Diesmal wurden im ganzen nur 14·1 g Zellmembran pro Tag resorbiert, ohne daß deshalb eine prozentig günstigere Aufnahme erfolgt wäre. Das Ergebnis steht aber mit den bei Birkenholzfütterungen mit wechselnden Mengen ganz im Einklang, d. h. die Resorption ist bei wechselnden Mengen prozentisch dieselbe innerhalb der optimalen Grenzen.

Der N-Verlust pro Tag war 1·58 g; in 100 Teilen Kot waren 7·05 g Protein an Zellmembran gebunden = 1·13 g N, d. h. für die Tagesmenge 0·452 g; dieser Wert von 1·58 g N abgezogen, gibt 1·13 g N für die Stoffwechselprodukte des Fleischkotes, was etwa den normalen Verhältnissen entspricht. Das gequollene Material hat also keinen störenden Einfluß ausgeübt und sich als günstiger erwiesen als das trocken verfütterte. Trotzdem bleibt es für den Hundedarm ein minderwertiges Material, während der Pflanzenfresser einen höheren Gewinn aus diesem Futter ziehen kann.

Nach den Angaben Kellners könnte man für die Kartoffelpülpe etwa eine Verdaulichkeit der Kalorien von rund 73 Prozent berechnen = 27 Prozent Verlust, während der Hund 38·8 Prozent bei gekochter Pülpe, bei nicht gekochter 47·3 Prozent verloren hat.

In der Zeit der Hochflut der Brotsurrogate hat man auch Kartoffelpülpe als Zusatz empfohlen, vielleicht wäre ohne den Kartoffelmangel der Vorschlag wieder aufgetaucht.

Die Kartoffelpülpe eignet sich als Zusatz zu Brot nicht. Bei dem hohen Gehalt der Pülpe an Zellmembran würde auch ein mäßiger Zusatz bereits den Gehalt an Zellmembran in einem Mehl-Pülpegemische stark anschwellen lassen und selbst bei einer Menge von 10 Teilen Pülpe zu 90 Teilen Mehl würde in diesem Gemische, wenn ein Mehl von 80 Prozent Ausmahlung vorausgesetzt wird, der Zellmembrangehalt so steigen, daß es dem Gehalt eines Vollkornbrotes gleichkäme.

Pülpe wäre minderwertiger als Kleie, zwar entspricht die Ausnutzung der Zellmembran in der Pülpe etwa jener der Kleie, aber die Stärke wird aus der letzteren, wie man selbst bei Vollkornbroten sieht, gut resorbiert, aus der Pülpe kann aber die vorhandene Stärke nur unvollkommen gelöst werden.

Außerdem ließe sich aber gar nicht sagen, daß Mischungen von Mehl und Pülpe in arithmetischem Verhältnisse ihre Eigenschaften der Verdaulichkeit vereinigen, und noch unbestimmter bleibt das Urteil über die Bekömmlichkeit für den Menschen; es steht nach meiner Erfahrung fest, daß fremde halbverdauliche Zusätze sehr leicht vom Magen aus Störungen der Gesundheit erzeugen.

c) Vergleichende Untersuchung über die Resorption reiner Stärke in verschiedener Zubereitung.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß rohe Stärke vom Speichel schlecht gelöst wird, die gequollene aber gut. Diese verschiedene Verdaulichkeit haben beide Stärkezubereitungen auch beim Durchgang durch den ganzen Darm. Genaue quantitative Versuche hierüber hat zuerst K. Thomas an der Banane angestellt.¹ Die vorhergehenden Versuche am Hunde zeigen das gleiche. Es läßt sich aber ein quantitatives Urteil nicht fällen. Zu einer ausgezeichneten Verdauung der Stärke genügt nach meinen Versuchen das Kochen der Stärke oder die Zubereitung als Brot. Die Quellung der Stärke ist die Voraussetzung der besseren Verdaulichkeit. Wieviel Wasser die Stärke aufgenommen haben muß, um leicht verdaulich zu sein, ist nicht bekannt. Die ersten Quellungserscheinungen zeigen sich bei Kartoffelstärke schon bei 50° durch die festere Bindung von Wasser.² Es kann auch die andere Frage aufgeworfen werden, ob gequollene Stärke, wenn sie ihr Wasser verloren hat, genau so schwer verdaulich wird wie rohe Stärke. Bedeutung kann dieser Umstand erlangen für die Verdaulichkeit stark ausgetrockneter Backwaren, die nur mehr hygroskopisches Wasser enthalten. Zur Lösung des Problems wurde die Ausnutzung von je 70 g Stärke mit 1000 g Fleisch als Beifutter wie in den früheren Versuchen durchgeführt und die Stärke im Kote direkt analytisch festgestellt.

Die Stärke wurde entweder roh oder frisch verkleistert angewandt. Für die dritte Reihe wurde verkleisterte Stärke in dünner Lage im warmen Luftstrom wieder getrocknet, gepulvert und so dem Fleisch beigemischt. Die Ergebnisse waren folgende:

Verdaulichkeit der Stärke bei verschiedener Zubereitung.

	Kot pro Tag	org. N	Pentosan	Stärke	Kal.
Rohe Stärke	25.4	1.40	0.49	9.26	120.1
Gequollene frische Stärke	17.9	1.06	0.26	0.82	84.7
Gequollene und wieder getrocknete Stärke	12.64	0.70	0.26	5.79	60.9

¹ Dies Archiv. 1910. Physiol. Abtlg. S. 29.

² Ebenda. 1915. Physiol. Abtlg. S. 202.

Verlust an Stärke in Prozenten.

Rohe Stärke	16.12
Stärkekleister	1.44
Getrockneter Kleister	8.27

Von der rohen Stärke werden 16.12 Prozent verloren, von der gequollenen nur 1.35 Prozent, die früher gequollene und wieder getrocknete wird nicht so gut verdaut wie die rohe, aber schlechter wie die gequollene. Man darf also annehmen, daß ein Teil der Stärke bei dem Trocknen eine Veränderung erfährt, die sie für die diastatischen Fermente leichter angreifbar macht. Stark ausgetrocknetes Material sinkt also bedeutend im Nährwert. Damit steht im Einklang, daß man besonders häufig bei Genuß alten harten Brotes gerade Reste der Kruste noch in den Ausscheidungen auffinden kann.

Das Kartoffelalbumin.

Als Kartoffelalbumin wurde ein Produkt geliefert, das im wesentlichen durch Eindampfen des Preßsaftes der Kartoffel erhalten ist; durch die Oxydasen wird dieser Saft bekanntlich braun bis schwarz. Über den Übergang von N-haltigen Produkten in den Preßsaft habe ich bereits früher Angaben gemacht, vor allem gehen die Amidsubstanzen in den Preßsaft über, weniger Eiweiß. Das Präparat sieht aus wie etwa Torf und hat einen sehr scharfen Geruch, so daß seine unmittelbare Verwendung zur menschlichen Ernährung ausgeschlossen war; außerdem erscheint es auch für die Mischung mit anderem Nährmaterial nicht verwendbar. Es zur menschlichen Ernährung zu verwerten, scheiterte völlig; es war keine Zubereitungsweise zu finden, die eine Aufnahme bei meinen Versuchspersonen ermöglichte.

Die Zusammensetzung war von wesentlich anderer Beschaffenheit als die bei König¹ angeführte Analyse sie aufführt.

Der Hund nahm nach kurzer Weigerung 100 g des Präparates; es wurde vorher gekocht und dann in 1000 g Fleisch verteilt, es konnte daher ein dreitägiger Versuch durchgeführt werden. (Siehe Tabelle S. 18.)

Das Präparat enthielt 5.44 Prozent N; jedenfalls bestand nur ein Teil aus Albumin, etwa 36.2 Prozent des N war weder in kochendem Wasser, noch in Alkohol oder Chloralhydrat zu lösen² und kann auf

¹ König, *Nahrungsmittel*. Bd. II. S. 855.

² Von den Stoffen, welche nicht Protein waren, sind etwa die Hälfte durch Phosphorwolframsäure fällbar. Im kochenden Wasser waren 43.16 Prozent des Gesamt-N unlöslich.

Kartoffelalbumin.

	In 100 g Trocken- substanz sind	88.45 g Trockensubstanz pro Tag
Asche	25.26	22.36
Organisches	74.74	66.09
N	5.44	4.83
Pentosan	0.62	0.55
Zellulose	0.42	0.36
Stärke	3.16	2.79
Kalorien	342.9	303.0

Kot.

	In 100 g Trocken- substanz sind	In 33.0 g pro Tag sind
Asche	43.11	14.33
Organisches	56.89	18.67
N	5.49	1.81
Pentosan	0.81	0.26
Zellulose	1.47	0.49
Stärke	0.60	0.20
Protein	8.43	2.92
Kalorien	301.9	99.62

Albumin bezogen werden. Etwas faserige Substanz, welche Furfurol lieferte (0.30 g Pentosan), konnte abgeschieden werden; sie deckt nicht ganz den geringen Pentosangehalt des Präparates. Der Stärkegehalt war gering. Im Kot waren 1.81 g N pro Tag, der Fleischkot lieferte sonst 1.03 g N; es fand sich aber im Kot ein in den üblichen Lösungsmitteln unlöslicher Rückstand mit 7.47 Prozent N, der pro Tag 0.468 g N ausmachte und wohl auf unresorbiertes Protein und Stärke bezogen werden muß. Nach Abzug vom Kot N 1.81 - 0.47 bleiben 1.34 g N, welche dafür sprechen, daß eine geringe Vermehrung der N-Ausscheidung vielleicht durch Darmreiz vorliegt.

Von 303.0 eingeführten Kalorien erschienen im Kot . 99.62 Kal.
wovon für Fleischkot abgehen 67.7 „
somit bleiben nunmehr 31.9 Kal.

Außerdem wurden aber im Kot festgestellt: Zellulose, Stärke, Albumin. Die Zellmembran von der Zusammensetzung der Kartoffelmembranen muß bei 0.49 g Zellulose 1.08 g betragen haben. Wir haben also als unresorbierte Kalorienmenge dann folgende Berechnung:

Für Zellmembran 1.08 × 4.2	4.54 Kal.
„ Stärke 0.2 × 4.1	0.82 „
„ Protein 2.92 × 5.8	16.93 „
	<hr/> 22.29 Kal.

während 31.9 Kalorien als Überschuß über den Fleischkotkalorien gefunden wurden, = + 9.6 Kalorien. Dieser Wert liegt innerhalb der Fehlerquellen solcher Experimente.

Der gesamte Energieverlust des Präparates betrug 10.53 Prozent der Kalorien, der N-Verlust, wenn nur das Protein des Kotes in Betracht gezogen wird, 9.69 Prozent. Zur Verfütterung an Tiere wird das Albuminpräparat eine Beachtung verdienen.

Es hat also eine Mehrung von Stoffwechselprodukten nicht stattgefunden; der Gesamtverlust an Kalorien abzüglich des Fleischkotes macht 10.5 Prozent aus. Von den N-haltigen Bestandteilen sind die Nichtproteinstoffe sicher ohne Verlust aufgenommen worden; allerdings kamen im Kot noch 0.47 g N als Protein zu Verlust, die aus den gleichartigen Produkten der Einfuhr stammen. Sieht man von solchen Differenzierungen ab, so war der Gesamt-N-Verlust rund 9.7 Prozent (4.83 g Zufuhr gegenüber 0.47 g Ausfuhr). Von den Stoffen des Kartoffelalbumins ist ein erheblicher Teil unbekannt und N-freier Natur. Im Harn wurden auffällige Veränderungen nicht wahrgenommen.

Man kommt nach dem vorstehenden zu folgenden Schlüssen: Die reine Kartoffelstärke ist sehr gut resorbierbar, wenn sie in gequollenem Zustande aufgenommen wird, steht aber anscheinend nach anderen Erfahrungen der Weizenstärke in geringem Grade nach. Wird gequollene Stärke getrocknet, so verliert sie größtenteils ihre gute Resorbierbarkeit.

Die Kartoffelpülpe enthält überreichlich Zellmembranen, welche ihre Verwendung zur menschlichen Ernährung ausschließt; die Stärke, welche in der Pülpe vorhanden ist, kann auch gut gequollen nur schlecht verdaut werden, mehr als doppelt so schlecht wie rohe Stärke. Die Kartoffelzellmembranen werden etwa wie Kleie verdaut, trocken oder befeuchtet bedingt bei der Zellmembran keinen Unterschied. Die Kartoffelalbuminpräparate der Technik sind für die menschliche Ernährung wegen Geschmack und Aussehen unverwendbar, im übrigen ist ihre Verdaulichkeit nicht ungünstig. Ihr N-Gehalt entspricht zu etwas mehr als einem Drittel Albuminstoffen, der Rest entfällt auf Amide. Das Albumin wird aber nicht vollkommen, aber doch sehr weitgehend verdaut.

Die gekochte Pülpe und das Kartoffelalbumin haben keinen störenden Einfluß auf die gleichzeitige Verdauung des Fleisches ausgeübt.