

In der praktischen Ernährung ist es nicht zulässig, jede beliebige Pflanzenkombination als menschliche Nahrung zu bezeichnen und vom grünen Tisch aus ein Nahrungsmittel durch Erlaß für ein anderes zu bieten, vielmehr bestehen auch für gesundheitlich zweckmäßige Kombinationen, wenn auch nicht überall, „Gesetze“, wohl aber Regeln der Erfahrung, die noch zum Teil nicht näher wissenschaftlich beleuchtet wurden, weil die Praxis des Lebens dazu keine Veranlassung bot und die traditionellen diätetischen Regeln für Zweckmäßigkeit des Gebrauches zu sorgen pflegen. Wie es eine Zweckmäßigkeit der Wahl im Gebrauch zwischen Animalien und Vegetabilien gibt, so ist auch in der Benützung der letzteren Zweckmäßiges und Unzweckmäßiges zu scheiden. Diese Untersuchungen sollten hierfür eine weitere Erkenntnis schaffen.

Über die Verdaulichkeit von Nahrungsgemischen.

Von

Gehemrat **Max Rubner.**

Systematische Versuche über die Verdaulichkeit von Nahrungsmitteln in Gemischen sind meines Wissens bis jetzt mit dem Ziele, die Wirkung auf die Verdaulichkeit der Komponenten einer solchen Kost festzustellen, nicht ausgeführt worden.

Die Bedeutung dieser Frage habe ich schon 1916 in dieser Zeitschrift S. 67 hervorgehoben und Versuche darüber in Aussicht gestellt, die in nachstehendem zusammen mit den sonstigen Erfahrungen über Nahrungsgemische mitgeteilt werden sollen. Das Verhalten der Verdaulichkeit von Gemischen ist von größerer praktischer Bedeutung, weil man nicht dauernd von einem Nahrungsmittel lebt, sondern eben von einem Gemenge derselben. Die Verdaulichkeit aller möglichen Gemische zu prüfen, daran wird man wohl nicht denken können, wenn auch anzunehmen ist, daß im Laufe der Zeit immer mehr und mehr Beobachtungen zusammengetragen werden dürften, die eine solche Lücke in unserer Erkenntnis allmählich schließen helfen.

Man wird vorläufig auf den Ausweg kommen, durch experimentelle Prüfung wenigstens die Grundsätze festzustellen, wie Gemenge von Nahrungsmitteln sich in der Ausnützung verhalten. Den Vorgang der Ausnützung hat man zumeist nur als Lösung oder Nichtlösung der Nahrung im Darm aufgefaßt. Die Konsequenz dieser Anschauung war die Aufteilung des Kotes in unverdaute Eiweiß-, Fett- und Kohlehydratanteile; so erhielt man für jeden Bestandteil eine bestimmte Verdaulichkeitsgröße. Für jedes Nahrungsmittel wurde nach dieser Anschauung die Verdaulichkeit bestimmt und errechnet. Die Verdaulichkeit eines Gemisches ist also einfach die Summe der Verdaulichkeit der Komponenten. Nach diesem System hat zuerst König die Verdaulichkeit der verschiedenen Nahrungsmittel nach den von mir und von anderer Seite bestimmten Ausnützungswerten berechnet. Diese Zahlen bilden heutzutage die Grund-

lage für den größten Teil aller Nährstoffberechnungen in den diätetischen Handbüchern und sonstigen Berechnungen der Kostsätze. Ich selbst habe mich dieser Betrachtungsweise nicht angeschlossen, vielmehr waren in meinen Betrachtungen von Kostsätzen u. dgl. nur die Nährstoffwerte im ganzen angegeben mit einer „Durchschnittskorrektur“ für den Abfall und den Verlust mit dem Kote.¹

Die bisher eingeführte Berechnung der Verdaulichkeit entbehrt der experimentellen Grundlage; ehe diese nicht geschaffen ist, haben die errechneten Zahlen keine Zuverlässigkeit. Eine Voraussetzung ist ohne weiteres unzulässig, nämlich die Aufrechnung des Kotes als einfachen Nahrungsmittelrest, bestehend aus Eiweiß, Fett und Kohlehydraten; sie wäre nur dann zulässig, wenn wenigstens die überwiegende Masse des Kotes aus Nahrungsresten bestände. Dies ist aber nicht der Fall. Neben den Resten der Nahrung finden sich Stoffwechselprodukte. Ihre Menge kann auch bei Vegetabilien bis zu zwei Dritteln der ganzen Kotmasse betragen, bei Animalsen nahezu ausschließlich den Kot bilden. Auf diese Seite des Problems will ich an dieser Stelle nicht weiter eingehen, hier interessiert nur die Voraussetzung der Berechnung, wie sie König angestellt hat, als eines additiven Vorganges, d. h. die Frage, ob sich zwei Nahrungsmittel, nebeneinander verfüttert, genau so verhalten, als wenn sie getrennt verfüttert werden. Außer dieser Möglichkeit gibt es aber doch noch manche andere.

Die zweite Möglichkeit, welche man für die Wirkung einer Kombination offen lassen muß, ist die, daß ein Nahrungsmittel für sich schon so viel Verdauungssäfte zur Sekretion bringt, daß ganz gut noch nebenbei ein anderes Nahrungsmittel zum Teil oder ganz „mitverdaut“ werden kann. Die dritte Möglichkeit endlich könnte darin liegen, daß zwei Nahrungsmittel zusammen stärker auf die Sekretion wirken, als man nach ihren Einzeleigenschaften erwarten sollte, wobei offen bleibt, ob etwa bei der Zubereitung von Gemischen schon Umsetzungen entstehen, oder erst im Darm sich solche Wirkungen äußern.

Auf die große Bedeutung des spezifischen Reizes verschiedener Nahrungsmittel auf den Darm für die Kotbildung habe ich bereits früher S. 121 hingewiesen und zahlenmäßige Belege gegeben.

Es ist also nötig, wenigstens an einigen wichtigen Nahrungsmitteln nachzuprüfen, ob die für jedes derselben ermittelte Verdaulichkeit auch für die Kombination noch Geltung besitzt. Zu den Versuchen diente ein neuer Hund (Lotte), da inzwischen das bisher gebrauchte Versuchstier

¹ Zeitschr. f. Biol. XXI. S. 386.

durch einen unbekanntem Umstand plötzlich zu Verlust gegangen war. Der Hund war ziemlich abgemagert, wog 16 Kilo und hatte bei 15^o und Raube ein Nahrungsbedürfnis von rund 800 bis 900 Kalorien, das bei der Fütterung annähernd eingehalten wurde.

Drei Hauptnahrungsmittel wurden für den Versuch zuerst ausgewählt: Fleisch, Brot und Kartoffeln und aus diesen auch verschiedene Kombinationen gebildet, welche nach Maßgabe der Verdaulichkeit der Hauptnahrungsmittel mit dem wirklichen Ergebnis der Experimente zu vergleichen sein werden.

Als Fleisch konnte nur Pferdefleisch verwendet, Fett als Zugabe konnte nie gegeben werden. Die Experimente mußten sich eben den Kriegsnotwendigkeiten anpassen. Die Resultate mit einfachen Nahrungsmitteln sollen zuerst behandelt werden. Der Hund wurde im Stoffwechselkräftig gehalten, der Harn durch Katheterisierung erhalten; auf den N-Umsatz wird in dieser Arbeit nur ausnahmsweise einzugehen sein.

A. Die Nahrungsmittel.

I. Ausnützung des Fleisches.

Der Hund erhielt eine Woche lang täglich 900 g fein gehacktes Pferdefleisch, was seinen Bedarf etwa deckte, wenn man die spezifisch-dynamische Wirkung dieses Nahrungsmittels bedenkt. Die Angaben enthält die nachfolgende Tabelle:

Versuch mit Pferdefleisch am Hund (7 Tage).		
	In 100 Teilen	In 900 g frisch = 205.6 g trocken
Asche	4.29	8.82
Organisch	95.71	196.78
N	13.74	28.24
Pektosan	0.40	0.82
Kalorien	539.0	1108.2

Kot.		
	In 100 Teilen trocken	In 7.2 g trocken (pro Tag)
Asche	31.16	2.30
Organisch	68.84	4.93
N	5.87	0.42
Fett	10.35	0.89
Pektosan	1.22	0.09
Kalorien	425.4	30.5

Der Versuch verlief tadellos. Das Tier setzte sich in den letzten Tagen der Fütterung ins N-Gleichgewicht. Der Verlust an N im Kot

betrug nur 1.49 Prozent der Zufuhr, an Kalorien wurden 2.74 Prozent der Einfuhr verloren. Wenn man von der Aufnahme an Kalorien auch den Verlust abzieht, der durch die Ausscheidung des Harnes entsteht (1 g N = 7.45 Kalorien), so erhält man das, was ich den physiologischen Nutzeffekt genannt habe. Für diesen habe ich schon früher mehrere Angaben nach Versuchen mit Fleischnahrung am Hund gemacht, welche nachstehend angeführt werden, um zu zeigen, daß der Versuchshund ein normales Verhalten zeigt. Ich habe früher als Nutzeffekt gefunden:

18851	75.72 Prozent
1902 ²	77.50 „
1902	78.20 „
Neue Reihe 1917 ³	78.08 „

Wie man sieht, stimmen die Ergebnisse an verschiedenen Tieren sehr gut überein. Von den Resultaten mag noch die weitgehende Resorption der äußerst geringen Mengen von Pentosen aus dem Pferdefleisch erwähnt sein: im Kot fanden sich noch 1.2 g Pentosen, der Verlust an Pentosan war annähernd 10.9 Prozent; der Darm wird durch Fleischnahrung fast pentosanfrei. Die N-Ausscheidung im Kote war sehr günstig, da man doch auch bis 2 Prozent Verlust häufig sehen kann.

Die Vorgänge der Kotbildung bei Fleisch- oder Eiweißgaben beanspruchen noch eine kurze, aber allgemein wichtige Betrachtung. Es ist kaum mehr fraglich, daß wir in der Kotbildung bei Eiweißzufuhr überwiegend nicht das zu sehen haben, was man für gewöhnlich die Ausnützung nennt, sondern einen Stoffwechselfvorgang, insofern als dabei nicht die Reste der Verdammungsstoffe oder wenigstens sicher nicht diese allein den Rückstand im Darm liefern, sondern auch jene Teile, welche im Abbau des Eiweißes z. B. die Gallenstraße u. dgl. durchlaufen, in Betracht kommen. Daher rührt es auch, daß diese als „Kot“ gedenteten Darmausscheidungen nicht sowohl von der Zufuhr als von dem Umsatz an Eiweiß abhängig sind, also von einem Prozeß der Eiweißzerstörung und nicht allein der Eiweißresorption. Das unbestrittenste Beispiel hierfür ist der Hungerkot, dessen Menge unter Umständen, wie ich gegen Ende der Lebenszeit bei hungrigen Tieren beobachtet habe, gewaltig zunehmen kann. Wir dürfen, glaube ich, diesen Gesichtspunkt für die „Analyse“ der Ausnützung nicht vernachlässigen. Nach dieser meiner Auffassung würde also das, was man den Stoffwechselanteil des Kotes nennen muß,

doppelter Herkunft sein, d. h. einerseits mit dem Eiweißumsatz und andererseits mit den Ausscheidungen der Verdauungsdrüsen, also dem Verdauungsvorgang im engeren Sinne, zusammenhängen. Bei den animalischen Nahrungsmitteln wird im allgemeinen der erste Teil überwiegend, bei den Vegetabilien zurücktreten, während im letzteren Falle die eigentliche Darmtätigkeit und unverdauliche Reste mehr in dem Vordergrund stehen.

Aus dem Fleischversuch läßt sich berechnen, daß auf 1 g N-Umsatz 0.174 g organische Kotsubstanz = 1.08 Kalorien und 0.015 g N in den Ausscheidungen auftraten.

II. Ausnützung des Brotes (Roggen-Kriegsbrod).

Die Versuchsstelle dauerte 5 Tage. Die Kotmenge war natürlich erheblich gegenüber dem Fleischversuch gesteigert: auf fast das Fünffache. Pro Tag erhielt das Tier 380 g frisches Brot mit etwas Wasser. Die Nahrung reichte der Kalorienmenge nach, aber nicht für die Deckung des Eiweißes. Die Ausscheidungen waren ziemlich trocken (27.9 Prozent Trockensubstanz), während man sonst leicht etwas dünneren Stuhl bei Brotfütterung findet. Das Brot entsprach in seiner Zusammensetzung annähernd dem früher (August 1917) für die Versuche am Menschen verwendeten Kriegsbrod. Es bringt eine reichliche Menge von Zellmembran, kann aber nicht ganz als Vollkornbrot gelten. Der Kot war sehr reich an Zellmembran. Fast 40 Prozent der Trockensubstanz bestand aus solchen. Die Einnahmen und Ausgaben sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Kriegsbrodversuch am Hund.

	In 100 Teilen Brot	In 380 g Brot frisch = 229.7 g trocken (pro Tag)
Asche	2.72	6.28
Organisch	97.28	223.42
N	1.691	3.88
Pentosan	9.77	22.44
Zellmembran	6.86	15.76
Darin Zellulose	2.41	5.54
Darin Pentosan	2.48	5.53
Rest	1.97	4.67
Fett	0.60	1.38
Stärke	71.12	116.35
Kalorien	422.1	969.55

¹ Zeitschr. f. Biol. XXI. S. 319.

² Gesetze des Energieverbrauches. S. 31.

³ Pferdefleisch, die anderen Versuche waren mit Rindfleisch angeführt.

¹ = 10.56 Prozent Protein

	In 100 Teilen Kot	In 28.1 g Kot
Aasche	14.89	4.18
Organisch	85.11	23.92
N	2.62	0.74
Pentosan	20.99	5.90
Zellmembran	39.68	11.14
Darin Zellulose	16.94	4.76
Darin Pentosan	15.40	4.42
Rest	7.34	2.06
Fett	2.37	0.66
Stärke	13.12	3.69
Kalorien	413.5	116.19

Die Verluste waren prozentual ausgedrückt:

	Beim Hund	Beim Menschen
Für die organische Substanz	10.70	11.85
„ die Kalorien	11.98	26.50
„ den N	19.08	20.07
„ Pentosan	26.29	59.36
„ Zellmembran	73.22	49.24
„ Zellulose	85.09	54.50
„ Pentosan der Zellmembran	79.96	82.12
„ Restsubstanz	44.11	1.05
„ Stärke	3.17	

Der Darm wird, wie man sieht, mit Pentosanen geradezu über-schwemmt im Verhältnis zur Fleischkost.

Die Verdaulichkeit der Zellmembran ist relativ gering, die der Zellulose am geringsten, eine sehr häufige Erscheinung; auch jene der Stärke ist nicht ganz befriedigend. Für sich allein stehend, bieten die Resultate kein abschließendes Bild, ich habe deshalb zum Vergleich die Ausnützung des Brotes beim Menschen (Mittel aus zwei Reihen) angefügt. Das Brot ist für den Hund im Verhältnis zum Fleisch ein schwer resorbierbares Nahrungsmittel, aber der Hund verdaut das Brot im ganzen so gut wie der Mensch (11.98 Prozent Verlust der Kalorien beim Hunde, 11.85 Prozent beim Menschen). In den Einzelheiten sind einige Unterschiede, von denen ich nicht sagen kann, ob sie genereller oder mehr individueller Natur sind. Ungünstig ist die Ausnützung der Stärke beim Hund, besser die des N. Untersucht man weiter, wieviel von den Produkten des Kotes auf Unresorbirtes und wieviel auf Stoffwechselprodukte trifft, so findet man für die Kalorien:

Verlust an Kalorien pro Tag	Kot			Kalorien im Kot insgesamt	Kalorien aus Stoffwechselprodukten	Verzehrt Kalorien in Brot	Vom Verzehrt entstehen Stoffwechselprodukte in Prozenten	Von 100 Kal. des Kotes sind Stoffwechselprodukte
	15.12	49.0	6.15					
Stärke								
Zellmembran								
Pentosan								
Summe								

Von 100 Kalorien des Kotes treffen also 39.51 Prozent auf Stoffwechselprodukte, beim Menschen hatte ich 37.64 Prozent bei derselben Brotart gefunden, das wäre also kaum ein Unterschied. Für die N-Ausscheidung, in der analogen Betrachtung, findet sich:

Auf 100 Teile Kot Protein	In der Zellmembran				N in Kot pro Tag	N in Stoffwechselprodukte	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozent N in Stoffwechselprodukten
	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N	N					
7.50	28.1	1.76	0.281	0.74	0.46	3.88	7.24	37.97	

Von 100 Teilen N im Kot sind 37.97 Teile Stoffwechsel-N; beim Menschen war dieser N-Anteil größer (52.8 Prozent), was vielleicht mit der besseren Verdaulichkeit des Proteins beim Hunde zusammenhängt. Der eigentliche Proteinverlust (7.24 Prozent) ist sehr gering.

III. Die Ausnützung der Kartoffel.

Als drittes Hauptnahrungsmittel verwendete ich die Kartoffel. Es war ein geeigneter Vorrat, von dem das Material zu den folgenden Versuchen stammt, beschafft worden. Zu den Versuchen gab ich so viel, als zur Erhaltung des Tieres notwendig war (900 g). Bei der Wiederholung des Experimentes versagte der Darm des Hundes, die Verluste waren größer als beim ersten Versuch. Ich habe dann nochmals eine Reihe mit nur zwei Drittel der Kartoffelmenge angestellt. Der erste Versuch dauerte 5, der letzte 7 Tage, die Kartoffeln waren gedämpft und

Versuch I.

	In 100 Teilen Kartoffeln	In 232.9 g Trockensubstanz = 900 g frische Substanz
Aasche	4.25	9.88
Organisch	95.75	223.0
N	1.281	2.98
Pentosan	3.62	8.43
Zellmembran	6.02	14.02
Darin Zellulose	2.79	6.49
Darin Pentosan	0.71	1.65
Rest	2.54	5.88
Fett	0.15	0.35
Stärke	78.67	183.30
Kalorien	396.2	922.8

1 = 8.00 Protein.

	In 100 g Kot	In 22.8 g Kot
Asche	12.42	2.80
Organisch	87.58	20.00
N	2.66	0.61
Pentosan	3.33	0.76
Zellmembran	15.79	3.60
Darin Zellulose	7.60	1.73
Darin Pentosan	1.28	0.29
Rest	6.81	1.56
Fett	2.50	0.57
Stärke	10.70	2.43
Kalorien	400.8	91.4

zerrieben. Die Kartoffeln hatten fast ebensoviel Zellmembran wie das gefitterte Kriegsbrot. Die Ausscheidungen waren feuchter wie jene nach Brotfütterung. Sie enthielten viel weniger Zellmembran wie nach Brotnahrung. Das Weitere ist aus den vorstehenden Analysen zu ersehen.

In einem Kontrollversuch mit 600g frischen Kartoffeln wurde gefunden:

Versuch II.

In 600 g Kartoffel = 172.5 g Trockensubstanz

Asche	7.33	
Organisch	165.17	
N	2.17	
Pentosan	6.24	
Zellmembran	10.38	
Darin Zellulose	4.82	
Darin Pentosan	1.22	
Rest	4.34	
Fett	135.80	
Stärke	683.30	
Kalorien		

In 100 Teilen Kot In 19.7 g pro Tag

Asche	19.30	3.80
Organisch	80.70	15.90
N	3.25	0.58
Pentosan	3.98	0.78
Zellmembran	23.68	4.55
Darin Zellulose	12.45	2.45
Darin Pentosan	1.98	0.39
Rest	9.25	1.71
Fett	2.28	0.44
Stärke	16.14	3.18
Kalorien	391.10	77.00

Die Resultate waren folgende:

Verlust in Prozenten
Kartoffel 900 g Kartoffel 600 g

Organische Substanz	8.97	9.62	Mittel	9.29
Kalorien	9.94	11.27		10.60
N	20.47	26.72		23.59
Pentosan	9.01	12.50		10.75
Zellmembran	25.67	43.83		34.75
Darin Zellulose	26.65	50.83		38.74
Darin Pentosan	17.57	31.97		24.77
Rest	26.53	39.40		32.96
Stärke	1.43	2.34		1.88

Die beiden Versuche schwanken in ihren Ergebnissen. Bei der kleinen Kartoffelmenge war relativ etwas mehr Kot erschienen als bei der größeren. Den Haupteinfluß übt dabei die etwas wechselnde Verdauung der Zellmembran, die sogar bei geringer Nahrungsaufnahme etwas ungünstiger war als bei der größeren Kartoffelmenge, und die Stärkeverdauung aus. In keinem Fall war die Verdaulichkeit der Kartoffel beim Hunde so gut und weitgehend wie beim Menschen, ob schon anerkannt werden muß, daß die Verdaulichkeit der Zellmembran für den Hund wenigstens bei 900 g Kartoffelzufuhr sehr günstig genannt werden darf. 10 bis 11 Prozent Kalorienverlust im ganzen ist ein Resultat wie jenes mit Kriegsbrot.

Die beiden Versuche zeigen wieder das häufige Schwanken in der Resorption der Zellmembran, das mir beim Hund so oft aufgefallen ist, ohne daß man in den Versuchsbedingungen einen Grund hierfür zu finden wißte. Man hätte eher noch bei dem ersten Versuch mit 900 g Kartoffeln ein Versagen der Resorption der Zellmembran zu finden erwarten können. Jedenfalls gehört für mittlere und größere Kartoffelmengen die Zellmembran der Kartoffel für den Hund zwar zu den leichter verdaulichen, während der Mensch sie aber noch weit vollkommener auflöst.

Bei dem oben erwähnten Versuch mit 900 g Kartoffeln, der anscheinend eine Störung der Verdauung ergab, hat die Analyse herausfinden lassen, was die Ursache gewesen ist: es kann sich nur um einige Kartoffeln gehandelt haben, die bei dem Dämpfen nicht vollkommen gar geworden waren. Da dieser Versuch Interesse für die Resorption der Zellmembran bietet, so seien die Resultate noch angeführt.

Hund. — Versuch III.

In 900 g Kartoffel

Asche	9.88
Organische Substanz	223.00
N	2.98
Pentosan	8.43
Zellmembran	14.02
Darin Zellulose	6.49
Darin Pentosan	1.40
Rest	5.88
Fett	0.35
Stärke	183.30
Kalorien	922.80

In 100 Teilen In 41.6 g

Asche	7.59	Kot	3.16
Organisch	92.41	Trockensubstanz	38.44
N	1.96		0.81
Pentosan	3.76		1.56

	In 100 Teilen	In 41.6 g
Zellmembran	Kot 9.95	Trockensubstanz 4.15
Darin Zellulose	4.76	1.88
Darin Pentosan	0.42	0.17
Rest	4.77	2.10
Fett		
Stärke	27.16	11.30
Kalorien	405.90	168.80
Hieraus ergibt sich also als Verlust für		
Kalorien	18.29	Prozent
N	27.18	"
Pentosan	18.50	"
Zellmembran	29.60	"
Darin Zellulose	10.62	"
Darin Pentosan	35.71	"
Rest	6.16	"
Stärke		

Die Ausnutzung war sehr vermindert, aber die Zellmembran beteiligte sich nicht an dem großen Verlust, sondern hauptsächlich die Stärke. Am deutlichsten wird dies, wenn man die absoluten Werte der Verluste im Kot in den beiden Versuchen mit 900 g Kartoffel vergleicht:

Vers.	Asche	Organ.	N	Pentosan	Zellmembran	Zellulose	Pentosan d. Zellmembr.	Rest	Stärke	Kal.
I.	2.80	20.0	0.61	0.76	3.60	1.73	0.29	1.56	2.43	91.4
II.	3.16	38.44	0.81	1.56	4.15	1.88	0.17	2.10	11.30	168.8
		18.44	0.21	0.80	0.55	0.15	—	0.64	10.87	77.4

Ausschlaggebend ist in erster Linie die Vermehrung des Stärkeverlustes in Versuch II.

Man kann also selbst die Menge der Zellmembran erheblich vermehren, ohne die Auflösbarkeit derselben zu benachteiligen; das geht aus folgendem Versuch mit Kartoffelschalen hervor. Die Kartoffelschalen, obwohl schon etwas ausgewaschen, enthalten noch reichlich Stärke. Kartoffelabfälle sind in der heutigen Zeit ein gutes Hundefutter.

	In 100 Teilen	In 66.4 g
Asche	5.59	3.71
Organisch	94.41	62.69
N	1.651	1.09
Pentosan	6.35	4.22
Zellmembran	36.46	24.21
Darin Zellulose	19.52	12.96
Darin Pentosan	3.99	2.62
Rest	12.95	8.63
Fett	1.65	1.09
Stärke	(43.64)	(28.96)
Kalorien	468.20	310.30
		pro Tag

¹ = 10.31 Ro¹protein.

	In 100 Teilen	In 34.6 g
Asche	22.69	7.85
Organisch	77.31	26.75
N	3.68	1.28
Pentosan	4.48	1.55
Zellmembran	31.00	10.72
Darin Zellulose	17.71	6.13
Darin Pentosan	2.64	0.90
Restsubstanz	10.65	3.71
Fett	3.39	1.17
Kalorien	460.00	155.10
		trockenem Kot

Die Zusammensetzung ergibt sich aus obiger Tabelle. Für die reinen Schalen (Zellmembran) berechnet sich für 100 Teile:

	Meine früheren Analysen	Obige Präparate
Zellulose	51.87	53.53
Pentosan	8.55	10.94
Rest	39.58	35.53

Zu 900 g Fleisch erhielt der Hund 70 g lufttrockene Schalen = 66.4 g Trockensubstanz. Die Schalen waren nicht ohne Einfluß auf die N-Ausscheidung, denn es kam mehr N im Kot, als in den Schalen enthalten war (1.28 gegen 1.09); zieht man aber 0.42 g N von der N-Ausscheidung als dem Fleischkot zugehörig ab = 0.86, so sieht man, daß doch eine gewisse Resorption von N eingetreten ist.

Es ging zu Verlust:

Pentosan	36.73	Prozent
Zellmembran	44.52	"
Zellulose der Zellmembran	47.30	"
Pentosan der Zellmembran	34.48	"
Restsubstanz	42.99	"
Kalorien	36.93	"

Für die Kalorienberechnung kann man von der Gesamtausscheidung = 155.1 Kalorien die Kotanteile des Fleisches = 30.5 Kalorien abziehen, so daß für die Zellmembran 114.6 Kalorien bleiben = obige 36.93 Prozent Verlust. Der Verlust bei Fütterung der Schale ist aber nicht größer, als er es wenigstens in dem einen Fall bei 600 g Kartoffeln auch gewesen ist. Die Resorption der Zellmembran der Kartoffel selbst war allerdings in zwei Fällen wesentlich besser als jene der Schalen.

Was die Verteilung der Ausscheidungen auf Unverdauliches und Stoffwechselprodukte anlangt, so gibt für die kalorimetrischen Verhältnisse und die N-Ausscheidung nachstehendes Material Aufschluß:

Kart.	Verlust an Kal. pro Tag				Kalorien im Kot	Kalorien in Stoffwechselprodukten	Verzehrt an Kalorien	Von Verzehrten entstehen Stoffwechselprodukte	Von 100 Kal. des Kotes sind Stoffwechselprodukte
	Stärke	Zellmembran	Pentosan	Summe					
900	9.96	24.47 ¹	1.93	36.36	91.4	65.0	922.8	7.04	71.11
600	13.03	29.09 ²	1.59	43.71	77.0	33.3	683.3	4.87	43.26
			Mittel		84.2	49.1		5.95	57.18

Kart.	In der Zellmembran				N im Kot pro Tag	N in Stoffwechselprodukten	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozente N in Stoffwechselprodukten
	Auf 100 Tle. Kot Protein	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N					
900	4.48	22.8	1.02	0.163	0.61	0.45	2.98	5.47	43.77
600	9.15	19.7	1.80	0.238	0.58	0.29	2.17	13.36	50.00
			Mittel		0.59	0.37	2.57	9.41	61.88

Die Menge der Stoffwechselprodukte war bei der größeren Kartoffelmenge absolut und relativ am größten, bei der kleineren Menge etwas geringer; das gleiche gilt für die N-Ausscheidung. Dies hängt mit den Unterschieden in der Verdaulichkeit der Zellmembran zusammen und bedarf keiner weiteren Erörterung.

Aus den vorliegenden Zahlen über die Fütterung von 900 und 600 g Kartoffeln berechnet sich für 450 g Kartoffeln (die später bei den Kombinationen gefittert werden): Kalorien im Kot 50.5, davon Stoffwechselprodukte 29.43, N im Kot 0.35, davon Stoffwechselprodukte 0.22.

Schlecht resorbierte Kartoffel.

Kartoffel	Verlust an Kalorien im Tag				Kalorien im Kot	Kalorien in Stoffwechselprodukten	Verzehrt an Kalorien	Von Verzehrten entstehen Stoffwechselprodukte	Von 100 Kal. sind Stoffwechselprodukte
	Stärke	Zellmembran	Pentosan	Summe					
900 g	46.33	27.33 ³	5.69	79.35	168.8	89.5	922.8	9.69	53.02

1 18.65 Zellmembran	2 18.65 Zellmembran	3 17.01
5.82 Protein	10.44 Protein	10.32
24.47	29.09	27.33

Kartoffel	In der Zellmembran				N im Kot	N in Stoffwechselprodukten	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozente N in Stoffwechselprodukten
	Auf 100 Teile Kot Protein	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N					
900 g	42.9	41.60	1.78	0.275	1.56	1.23	2.83	9.55	82.05

Die Resorptionsweise der schlecht resorbierten Kartoffel fällt zwar aus dem Rahmen der engeren Aufgabe, mag aber doch gleich hier erledigt werden. Welche Veränderung vollzog sich im einzelnen? Ist etwa die schwerer resorbierbare Stärke ohne jede Rückwirkung zurückgeblieben? Die Antwort bringt vorstehende Tabelle.

Mit der Verschlechterung der Ausnutzung der Stärke ist auch die Menge der Stoffwechselprodukte gestiegen im Verhältnis zur Zufuhr an Kalorien (9.69 Prozent Verlust gegenüber 7.04 Prozent im anderen Versuch), das Unverdauliche nimmt aber rascher als die Mehrung der Stoffwechselprodukte zu, das zeigt folgende Überlegung:

bei 900 g schwer res. Kart. Kot Kal. 168.8 dav. Stoffwechsel Kal. 89.5	900 " gut	"	"	91.4	"	65.0
Zunahme an Verlust	77.4	Kal. Stoffwechsel	24.5			

Von dem Zuwachs bei schlechter Verdauung sind nur 31.66 Prozent Stoffwechselprodukte.

B. Die Kombinationen.

Aus den im vorhergehenden näher auf ihre Verdaulichkeit hin untersuchten Nahrungsmitteln wurden für den Hund die entsprechenden Kombinationen gebildet und verfittert, indem er je die Hälfte seiner Kost aus einem der Nahrungsmittel deckte.

Brot und Fleisch.

Verbraucht wurden 450 g fisches Fleisch und 190 g Kriegsbrot täglich während 5 Tage. Das Ergebnis war folgendes:

	In 100 Teilen		In 102.8 g Fleisch	In 114.8 g Brot	Summe
	Trockensubstanz	Fleisch			
Asche	4.29	2.72	4.41	3.14	7.55
Organisch	95.71	97.28	98.39	111.76	210.15
N	13.74	1.69	14.12	1.99	16.11
Pentosan	0.40	9.77	0.41	11.22	11.63
Zellmembran	—	6.86	—	7.87	—
Darin Zellulose	—	2.41	—	2.77	—
Darin Pentosan	—	2.48	—	2.85	—
Restsubstanz	—	1.97	—	2.66	—
Stärke	—	71.10	—	81.60	—
Kalorien	539.00	—	554.00	484.70	1038.70

10*

	In 100 Teilen trockenen Kot	In 24.4 g trockenen Kot
Asche	37.56	9.16
Organisch	62.44	15.22
N	2.99	0.73
Pentosan	10.66	2.60
Zellmembran	16.76	4.09
Darin Zellulose	8.63	2.10
Darin Pentosan	5.45	1.33
Rest	2.68	0.66
Fett	4.05	1.01
Stärke	5.64	1.38
Kalorien	295.70	72.10

Die Verluste betragen:

Organische Substanz	4.53 Prozent
Kalorien	6.94
N	4.53
Pentosan	23.17
Zellmembran	51.97
Zellulose der Zellmembran	75.81
Pentosan der Zellmembran	46.80
Rest	21.05
Stärke	1.68

Mit dieser Kost kann das Tier auch ins Gleichgewicht, setzte aber doch nur 3.2 g N in 5 Tagen an. Die Ausscheidungen waren natürlich reichlicher wie bei Fleisch- und geringer wie bei Brotfütterung allein; der Kot wurde seltener entleert, was auf seine geringe Menge, aber auch auf den größeren Trockengehalt zu beziehen war. Bei Brot allein war der letztere auf 27.9 Prozent, bei Fleisch und Brot aber auf 43.9 Prozent gestiegen.¹

Brot und Kartoffel.

Der Versuch dauerte 7 Tage, wobei 450 g Kartoffeln und 190 g Brot täglich gegeben wurden. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.

	In 129.4 Teilen trockener Kartoffel	In 109 g Brot	Summe
Asche	5.49	2.97	8.46
Organisch	123.65	162.30	285.95
N	1.66	1.84	3.49
Pentosan	4.67	10.67	15.34
Zellmembran	7.77	7.50	15.27
Zellulose der Zellmembran	3.60	2.63	6.23
Pentosan der Zellmembran	0.92	2.71	3.63
Rest	3.25	2.16	5.41
Fett	0.19	0.65	0.84
Stärke	101.40	77.66	179.10
Kalorien	511.40	460.80	972.20

¹ Der hohe Trockengehalt bei Brotkot ist auch bei meinen Versuchen am Menschen die Regel; dies steht im Gegensatz zu meinen älteren Erfahrungen mit Schwarzbrotfütterung in München in den Jahren 1875 bis 1880, indem das dortige Schwarzbrot bei Hund wie Mensch stets dünne, gasig durchsetzte Stühle machte. Anders sind meine Erfahrungen mit der eigentlichen Kriegskost bei Gefangenen, wobei auch die wässrigen Stühle die Regel sind.

	In 100 Teilen trockenen Kot	In 19.24 g trockenen Kot
Asche	14.28	2.75
Organisch	85.72	16.49
N	2.66	0.51
Pentosan	13.16	2.52
Zellmembran	23.44	4.50
Darin Zellulose	11.69	2.24
Darin Pentosan	5.44	1.04
Restsubstanz	6.31	1.22
Stärke	22.50	4.33
Kalorien	431.90	82.92

Die Verluste betragen:

Organische Substanz	5.76 Prozent
Kalorien	8.52
N	14.57
Pentosan	16.42
Zellmembran	29.46
Zellulose der Zellmembran	35.95
Pentosan der Zellmembran	28.92
Rest	22.55
Stärke	2.41

Mit dieser Kost kann der Hund an keinem Tage völlig ins Gleichgewicht, er gab stets N ab. Dies kann auffällig erscheinen bei der großen Menge von Kohlehydraten, welche verzehrt werden. Der Hund blieb auf einer Zersetzung mit 11.2 Prozent Eiweißkalorien, während man z. B. beim Menschen in kaum der Hälfte der hier angewandten Versuchszeit auf ein N-Gleichgewicht oder selbst zu N-Ansatz kommt. Diese Beobachtung steht im Einklang mit einer von mir vor langer Zeit gemachten, aber ziemlich vergessenen Tatsache, daß man beim Hund mit Stärkemehl nur eine beschränkte Verminderung des Eiweißumsatzes erreichen kann. Der Kot war nicht so fest wie in den vorhergehenden Versuchen, hatte aber immer noch 21.9 Prozent Trockensubstanz; das hängt mit der Zellmembran der Kartoffel zusammen, die, anders wie die Kleie, sehr gern Wasser aufnimmt und sich wie ein Schwamm vollsaugen kann.

Fleisch und Kartoffeln.

Da die Kartoffel selbst schon einige Schwankungen in der Ausnutzung gezeigt hatte, wurden mit dieser Mischung zwei Reihen, eine solche von 4 und eine von 7 Tagen, durchgeführt, wobei sich tatsächlich einige kleine Differenzen ergeben (s. Tabelle S. 150).

Das Ergebnis bei der Ausnutzung ist in folgender Tabelle zusammengestellt. Die Trockensubstanz des Kotes war in beiden Fällen fast dieselbe; in Versuch I 33.2 Prozent, in Versuch II 33.0 Prozent; in Versuch I war die Kohlehydratresorption nicht so günstig wie in Versuch II. In beiden

Versuch I.

	In 450 g Fleisch = 102.8 g trocken	In 450 g Kartoffel = 129.1 g trocken	Summe
Asche	4.41	5.49	9.90
Organisch	96.39	123.65	220.04
N	14.12	1.66	15.78
Pentosan	0.41	4.67	5.08
Zellmembran	—	7.77	—
Zellulose der Zellmembran	—	3.60	—
Pentosan der Zellmembran	—	0.92	—
Rest	—	3.25	—
Fett	—	0.19	—
Stärke	—	101.40	101.40
Kalorien	554.10	511.40	1065.50

In 100 Teilen

In 24.9 g

	Kot	Kot
Asche	33.49	8.33
Organisch	66.51	16.57
N	3.59	0.89
Pentosan	1.75	0.43
Zellmembran	16.01	3.99
Zellulose der Zellmembran	8.36	2.08
Pentosan der Zellmembran	0.75	0.18
Rest	6.90	1.79
Fett	2.87	0.72
Stärke	9.81	2.45
Kalorien	318.00	79.20

Versuch II.

	In 450 g Fleisch = 102.8 g trocken	In 450 g Kartoffel = 129.1 g trocken	Summe
Asche	4.41	5.49	9.90
Organisch	98.39	123.65	222.04
N	14.12	1.66	15.78
Pentosan	0.41	4.67	5.08
Zellmembran	—	7.77	—
Zellulose der Zellmembran	—	3.60	—
Pentosan der Zellmembran	—	0.92	—
Rest	—	3.25	—
Fett	—	0.19	—
Stärke	—	81.10	81.10
Kalorien	554.10	511.40	1065.40

In 100 Teilen

In 11.5 g

	trockenen Kot	trockenen Kot
Asche	16.78	1.93
Organisch	83.22	9.58
N	4.84	0.56
Pentosan	3.05	0.35
Zellmembran	21.63	2.49
Zellulose der Zellmembran	14.56	1.67
Pentosan der Zellmembran	1.52	0.17
Rest	5.55	0.65
Stärke	9.60	1.10
Kalorien	437.70	50.32

Versuchen setzte der Hund erheblich N an, allerdings auch unter Steigerung der Eiweißzersetzung. Die Prozentverluste bei der Ausnützung waren folgende:

	Versuch I	Versuch II	Mittel
Organische Substanz	7.53	4.31	5.92
Kalorien	7.43	4.72	6.07
N	5.64	3.51	4.57
Pentosan	8.46	6.88	7.67
Zellmembran	51.35	32.05	41.70
Zellulose der Zellmembran	57.77	46.38	52.07
Pentosan der Zellmembran	19.56	18.47	19.01
Rest	53.23	20.00	36.61
Stärke	2.90	1.35	2.12

C. Vergleich der Berechnung des Kotes von Kombinationen aus den einzelnen Nahrungsmitteln mit dem direkten Ergebnis des Versuches.

Nachdem die Grundlagen für einen Vergleich geschaffen sind, soll nachstehend dargelegt werden, ob die Berechnung der Verdaulichkeit im Sinne additiver Wirkung mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Aus den Versuchen des Abschnittes A läßt sich für die Kombination feststellen, wieviel Kot bzw. Nahrungsverlust nach den bisherigen Annahmen zu berechnen wäre. Das Experiment gibt dann hierzu die Kontrolle, inwieweit die Grundlagen der Berechnung richtig sind oder nicht.

A. Kombination Brot und Fleisch.

organ. Subst.	Verlust im Tag in g				direkt beobachtet
	bei 900 g Fleisch	bei 380 Brot	450 Fleisch	190 Brot	
organ. Subst.	4.93	23.92	2.46	11.96	14.42
N	0.42	0.74	0.21	0.37	0.58
Kalorien	30.50	116.19	15.25	58.06	73.34

Die Abweichungen zwischen Berechnung und direkter Beobachtung sind also sehr gering.

B. Kombination Brot und Kartoffel.

organ. Substanz	bei 450 g			Summe	direkt beobachtet
	Kartoffel	190 g Brot	Summe		
organ. Substanz	12.00	11.68	23.68	23.93	16.49
N	0.38	0.35	0.73	0.73	0.51
Kalorien	54.2	55.29	109.49	109.49	52.92

C. Kombination Kartoffel und Fleisch.

organ. Substanz	bei 450 g		450 g Fleisch		Summe	direkt beobachtet
	Kartoffeln					
N	12.00	0.39	2.46	0.21	14.46	13.07
Kalorien	54.20		15.25		69.45	64.76

Man sieht, daß hier zweifellos Verschiedenheiten in den Ergebnissen vorhanden sind, und zwar stimmen die Ergebnisse bei den Kombinationen Fleisch und Brot sowie Fleisch und Kartoffel zwischen Rechnung und Experiment bis auf die kleinen Differenzen im N so gut, als man nach den Schwierigkeiten des Tierexperimentes eben erwarten darf. Die einzelnen Nahrungsmittel gehen in der Verdauung ihren Weg, als wenn sie jedes für sich zur Aufnahme gekommen wären. Dagegen weicht die Kombination Brot und Kartoffel ganz erheblich ab und gibt der Berechnung viel zu hohe Werte, nämlich um 35.8 Prozent zu viel.

D. Die Betrachtung der Ausnützung nach organischer Substanz, N und Kalorien

gibt noch nicht genügend Einblick in die Verhältnisse; die Ausnützung kann sich in der Kombination ja ändern, je nachdem mehr oder weniger Unverdauliches entsteht oder je nachdem die Stoffwechselprodukte größer oder kleiner werden. Es ist daher notwendig, für die Kombinationen auch die Trennung zwischen Unverdaulichem und Stoffwechselprodukten durchzuführen, wie das schon oben für die Grundnahrungsmittel gesehen ist. Die nachfolgende Tabelle enthält das experimentell gewonnene Material der Kombinationen.

Brot — Fleisch.

Stärke	Verlust an Kalorien im Tag			Kalorien im Kot im ganzen	Kalorien aus Stoffwechselprodukten	Verzehrt an Kalorien	Vom Verzehrten entstehen Stoffwechselprodukte in Prozenten	Von 100 Kal. des Kots sind Stoffwechselprodukte
	Zellmembran	Pentosan	Summe					
5.65	21.98 ¹	5.20	32.83	72.1	39.2	1038.7	3.75	54.37
	1 16.76							
	5.22							
	21.98							

Auf 100 Teile Kot Protein	In der Zellmembran			N im Kot pro Tag	N in Stoffwasserprodukten	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozent N in Stoffwechselprodukten
	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N					
3.71	24.4	0.90	0.14	0.73	0.59	16.11	3.64	78.66

Brot — Kartoffel.

Stärke	Verlust an Kalorien pro Tag			Kalorien im Kot im ganzen	Kalorien aus Stoffwechselprodukten	Verzehrt an Kalorien	Vom Verzehrten sind Stoffwechselprodukte in Proz.	Von 100 Kal. des Kots sind Stoffwechselprodukte
	Zellmembran	Pentosan	Summe					
11.75	26.72 ¹	6.06	50.53	82.92	32.89	972.2	3.27	39.07

Auf 100 Teile Kot Protein	In der Zellmembran			N im Kot pro Tag	N in Stoffwasserprodukten	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozent N in Stoffwechselprodukten
	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N					
7.44	19.2	1.48	0.224	0.51	0.29	4.18	6.84	56.86

Fleisch — Kartoffeln.

Stärke	Verlust an Kalorien im Tag			Kalorien im Kot im ganzen	Kalorien aus Stoffwechselprodukten	Verzehrt an Kalorien im Tag	Vom Verzehrten sind Stoffwechselprodukte in Proz.	Von 100 Kal. des Kotes sind Stoffwechselprodukte
	Zellmembran	Pentosan	Summe					
10.04	24.46 ²	1.02	35.53	79.2	43.7	1065.5	4.10	55.18
4.51	24.81 ³	0.73	30.05	50.3	20.3	1065.4	1.90	40.6
	Mittel		64.7	32.0	—	3.00	47.9	
	1 13.45							
	8.27							
	26.72							
	2 16.35							
	8.11							
	24.46							
	3 16.40							
	8.41							
	24.81							

	In der Zellmembran			N im Kot pro Tag	N in Stoffwechselprodukten	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozent N in Stoffwechselprodukten
	Auf 100 Teile Kot Protein	Kot pro Tag	Protein pro Tag					
4.92	24.9	1.98	0.32	0.89	0.57	16.46	3.46	64.05
12.61	11.5	1.45	0.23	0.56	0.33	16.46	2.00	58.93
			Mittel	0.72	0.45	—	2.73	61.49

Auf dieser Grundlage läßt sich jetzt für jede Kombination der Verlust an Kalorien und N im allgemeinen und weiterhin für die Stoffwechselprodukte in gleicher Weise ausführen. Man braucht hierzu nur noch die bei den einzelnen Nahrungsmitteln früher schon aufgeführten Werte dieser Art und für die gewählte Tagesration zusammenzuzählen und zu halbieren und erhält so den Vergleich mit den Zahlen der Tabelle.

Die Zusammenstellung findet sich nachfolgend:

Kombination	im Kot pro Tag	Berechnet pro Tag gesamt	Verlust Stoffwechselprodukte	Gefunden pro Tag gesamt	Verlust Stoffwechselprodukte
Fleisch — Kart.	Kalorien N	65.7 0.56	44.6 0.43	64.7 0.72	32.0 0.45
Fleisch — Brot	Kalorien N	73.8 0.58	38.2 0.44	72.1 0.73	39.2 0.59
Brot — Kart.	Kalorien N	108.8 0.72	52.38 0.45	82.92 0.51	32.39 0.29

Bei der Kombination Fleisch und Kartoffel stimmt das Gesamtresultat zwischen Rechnung und Beobachtung bei den Gesamtkalorien ziemlich gut, dagegen ist im Stoffwechselverlust weniger gefunden worden, als berechnet wurde. Die „Voraussetzung“ würde sich also hier nicht ganz decken, was bei den komplizierten Verhältnissen nicht wundernehmen kann. Die N-Ausscheidung im allgemeinen ist etwas kleiner, als der Versuch ergibt, doch handelt es sich hier um recht kleine Werte, so daß Differenzen dieser Art nicht viel besagen wollen. Ausgezeichnet stimmen die Kalorienwerte bei Fleisch und Brot; nur die Gesamt-N-Ausscheidung wurde, wie im vorhergehenden Versuch um 0.12 bis 0.13 g höher gefunden. Dabei muß man bedenken, daß irgendwelche Ungleichheiten sich immer in der N-Ausscheidung eher bemerkbar machen als in der Änderung der Gesamtausscheidungen und daß eben die Kombination diese geringe Änderung bedingt.

Völlig anders ist das Ergebnis bei Brot und Kartoffel. Hier stimmt weder die Berechnung der Kalorien noch die der Stoffwechselprodukte und des N mit der direkten Bestimmung; die Abweichungen zwischen Rechnung und Experiment sind recht groß.

Wie erklärt sich dieser Widerspruch? Wir sehen ohne weiteres, daß Übereinstimmung dort besteht, wo Nahrungsmittel heterogener Art gemischt sind, wie eiweißartige einerseits und kohlenhydrathaltige andererseits bei Fleisch und Brot sowie Fleisch und Kartoffel. Hier geht die Verdauung des einen ziemlich ungenutzt durch die Anwesenheit der anderen vor sich; beide bedingen auch ganz verschiedene Fermente zu ihrer Lösung und, wie schon früher erwähnt, ist der Fleischkot mehr Umsatzprodukt des Eiweißes als Verdauungsprodukt. Bei der Mischung zweier Nahrungsmittel mit Stärke als wesentlicher Bestand fehlt anscheinend jeder Zusammenhang zwischen Experiment und Rechnung. Wenn man sich an die oben S. 136 gegebenen Auseinandersetzungen erinnert, so kann hier mit dem Fall gerechnet werden, daß das eine Nahrungsmittel bei der Verdauung von dem anderen Nutzen zieht.

Es wird zweckmäßig sein, die Berechnung der Ausnutzung für Kartoffel—Brot im einzelnen zu betrachten.

	Im ganzen	Stoffwechselprodukte	Im ganzen N	Stoffwechsel-N
d. Kart. liefert: Kal.	54.2	29.43	0.35	0.22
Brot	55.3	22.95	0.37	0.23
	109.5	52.38	0.72	0.45

Wenn man annimmt, daß die Stoffwechselprodukte es sind, welche bei diesen Kombinationen gleichartiger Stoffe sich mindern oder wenigstens nicht im gleichen Maße wie sonst sich bilden, so ist ebenso wahrscheinlich, daß bei den Stoffwechselprodukten des Brotes wie der Kartoffel eingespart werde.

Das Zuviel der Kalorienberechnung betrug im vorliegenden Falle:

$$\begin{array}{r} 109.5 \text{ Kalorien} \\ -82.9 \quad \quad \quad \text{,,} \\ \hline 26.6 \text{ Kalorien} \end{array}$$

Man sieht, daß diese Zahl dem halben Wert der berechneten Stoffwechselprodukte

$$\frac{52.38}{2} = 26.19$$

sehr nahekommt.

Bezüglich der N-Ausscheidung war die Differenz:

Berechnet	0.73
Gefunden	0.51
Differenz	0.22

Auch dieser Wert entspricht dem halben Stoffwechselswert

$$\frac{0.45}{2} = 0.225.$$

Demnach wäre hier bei der Kombination Brot-Kartoffel eine Einsparung an Stoffwechselprodukten eingetreten, die fast die Hälfte des berechneten Wertes ausmacht. Eine weitere Verallgemeinerung verbietet sich bei dem Mangel größerer Versuchsreihen mit anderen ähnlichen Gemischen. In geringem Grade können die vorstehenden Resultate dadurch beeinflusst worden sein, daß die N-Umsätze bei Brot allein und bei Kartoffel im Durchschnitt größer waren als jener bei der Kartoffel-Brotmischung im Experiment.

Die logische Folgerung der Ergebnisse bedingt nicht die Annahme, daß etwa ein kohlehydrathaltiges Nahrungsmittel in steigenden Mengen eine variable und zwar immer günstiger werdende Ausnützung haben müsse, denn jede Vermehrung der Menge einer die Stoffwechselprodukte mehrnden Nahrung wird als weitere Darmreinigung empfunden werden. Im Gegensatz hierzu mußten zwei verschiedene Nahrungsmittel als Reize aufgefäßt werden, von denen der eine so überwiegt, daß neben ihm der andere nur beschränkt zu einem Erfolge kommen kann.

E. Verhalten der Zellmembran und ihrer Bestandteile in der Kombination.

Kein Bestandteil ist so wechsellnd in der Verdaulichkeit wie die Zellmembran. Da zur Auflösung zweifellos die Tätigkeit der Bakterien gehört, so ist dieses Verhalten verständlich, weil schon geringfügige Veränderungen, wie Änderungen des Wassergehaltes des Kotes, der Reaktion, des Aschegehaltes u. dgl., welche sonst für die allgemeine Ausnützung wenig von Belang sind, Einfluß gewinnen können. Ich stelle daher die Verluste an Zellmembran und ihrer Bestandteile und an Pentosanen in den Komponenten der Kost und bei den direkten Experimenten einander gegenüber.

	Bei Brot und Fleisch.	Bei alleiniger Brodfütterung	Bei Fleisch-Brodfütterung
Zellmembran	73.22	51.97	75.81
Zellulose	85.09	85.09	46.80
Pentosan der Zellmembran	80.00	26.29	23.17
Alle Pentosane	26.29	8.09	14.86
Freie Pentosane	8.09		

Die Zellmembran wäre sonach in der Brot-Fleischmischung etwas besser verdaulich worden. Die Unterschiede sind bei der Zellulose gering, bei den Pentosanen der Zellmembran groß; diese letzteren bleiben aber größtenteils unresorbiert liegen, wie die ungleichen Werte für freie Pentosane zeigen.

Bei Kartoffel und Fleisch.

	Bei alleiniger Kartoffelfütterung	Bei Fleisch-Kartoffelfütterung
Zellmembran	34.75	41.07
Zellulose	38.74	52.07
Pentosan der Zellmembran	24.77	19.01
Alle Pentosane	10.75	7.67
Freie Pentosane	7.25	5.45

Hier liegt der Fall umgekehrt wie im vorigen Gemisch. Die Kartoffel-Fleischmischung hat etwas größere Verluste für Zellmembran und Zellulose, ist aber etwas günstiger für Pento an der Zellmembran (wie auch oben bei Fleisch und Brot), die freien Pentosane verhalten sich so ziemlich gleich.

Bei Brot und Kartoffel.

	Kot	Kartoffel	Mittel	Beobachtet
Zellmembran	73.22	34.75	53.98	29.46
Zellulose	85.09	38.74	61.91	35.95
Pentosan der Zellmembran	79.96	24.77	52.36	28.65
Alle Pentosane	26.29	10.75	18.52	16.42
Freie Pentosane	8.75	7.25	8.00	9.22

Zellmembran und Zellulose sind im Gemische Brot und Kartoffel besser verdaulich, als zu erwarten war, auch die Pentosane der Zellmembran; die freien Pentosane entsprechen in der Resorption den berechneten Mittelwerten. Der Unterschied ist hier von allen drei Reihen am größten. Man kann also mit der Möglichkeit rechnen, daß die Kombination in der Verdaulichkeit andere Verhältnisse aufweist, als die Verdauung der einzelnen Komponenten für sich.

Weitere Experimente.

Durch das vorhergehende Material ist die Wichtigkeit der Untersuchung klargelegt worden. Die Kombinationen verhalten sich bald wie die Summierung, bald weichen sie von der Berechnung weit ab. Das würde allein genügen, um das allgemein übliche Verfahren der Verdaulichkeitsberechnung nicht mehr ganz einwandfrei erscheinen zu lassen. Die Weiterführung der Versuche war aber doch geboten, da die Zahl der Versuche noch zu gering ist, um ein abschließendes Urteil zu fällen.

Doeh stellten sich der Ausföhrung solcher Versuchsstreihen die allgeröbsten Schwierigkeiten entgegen, weil die Gewinnung von geeigneten Nahrungsmitteln allmählich ungemein beengt und auch der Arbeitsaufwand ein sehr großer war. Durch Zufall erhielt ich Fettgrieben, die als Abfall einer Fettschmelze von einer menschlichen Genuß nicht geeigneten. Das Geschmackses sich für den menschlichen Genuß nicht eigneten. Das Material roch etwas ranzig; ohne aber bei Fütterung des Hundes zu stören. Statt der eiweißhaltigen Substanz wären einige andere Nahrungsmittel willkommen gewesen; immerhin genügten die Grieben zu der Aufgäbe, neue Nahrungskombinationen herzustellen. Gemisse und Obst eignen sich leider nicht zu ausgedehnten Versuchen, bei denen man auf Gleichartigkeit der Substanzen Wert legen muß.

Die Resorbierbarkeit der Fettgrieben.

Die Grieben enthielten noch ziemlich reichlich Fett. Ihre Zusammensetzung, Lufttrocknen betrachtet, war für 100 Teile:

Wasser	10.3 Prozent
Trockensubstanz	89.7 „
N	11.2 „
Fett	14.1 „
Asche	3.4 „

In der Trockensubstanz waren:

N	12.48 Prozent
Fett	15.77 „
Asche	3.79 „

Ihrer Natur nach mußten die N-haltigen Stoffe Bindegewebe, elastisches Gewebe und Eiweiß sein. Von dem Material waren in kochendem Wasser löslich 33.1 Prozent, von der N-Substanz 30.34 Prozent. Der Gehalt an Bindegewebe würde demnach drei Zehntel der N-Substanz überhaupte ausmachen, der Rest müßte dann aus elastischen Geweben und unlöslichen Eiweißstoffen bestehen. Für die Verwendung zu den Ausnützungsversuchen ist dieser Umstand nebensächlich, nicht aber für die Fragen des N-Umsatzes, worauf ich an anderer Stelle eingehen werde. Bei den nicht unerheblichen Wärmegraden zur Ausschmelzung des Fettes werden die eiweißartigen Stoffe sämtlich in den unlöslichen Zustand übergeführt worden sein. Ob nicht auch fleischige Teile (Muskelsubstanz und glatte Muskulatur) beigemischt waren, ließ sich nicht mehr nachweisen, läßt sich aber sicherlich annehmen.

Der Hund wurde 6 Tage mit je 250 g Lufttrockener Substanz (= 224.2 g Trockensubstanz), mit Wasser angeführt, gefittet. 1 Gramm

Trockensubstanz = 6.010 Kalorien = 1347.7 Kalorien für den Tag. Die Ausscheidungen betragen nur 82 g Lufttrockenen Kot = 13.42 g trockenen Kot pro Tag. Daraus berechnet sich folgende sehr befriedigende Verwertung:

	die Zufuhr war	organ. Kot	Ausfuhr	Verlust
N	28.00	8.96	0.82	2.91
Kalorien	1347.7	—	53.4	3.97

Die Verdaulichkeit ist sehr günstig und entspricht etwa der des Fleisches, nur der N-Verlust ist vielleicht um ein wenig größer als bei frischem Fleisch. Der physiologische Nutzeffekt kann mit Berücksichtigung der N-Ausscheidung des Harnes unter der Annahme, daß der kalorische Quotient = 6.69 anzunehmen ist, d. h. dem Werte, wie ich ihn bei der Fütterung mit Fleischs Eiweiß gefunden habe, wie folgt berechnet werden:

Zufuhr an Kalorien	1347.7
Ab für Fett 35.2×9.5	334.4
Kalorien aus Eiweiß	1013.3
Davon ab für Harnkalorien = 27.2×6.69	181.9
Ab für Kot	53.4
Physiologischer Nutzeffekt	235.3
	778.0

Der Nutzeffekt macht demnach 76.77 Prozent, für die N-haltige Substanz berechnet, aus, was meiner früheren, für Eiweiß aufgestellten Durchschnittszahl gleichkommt. Der Fettgehalt der Grieben (14 Prozent) ist noch so bedeutend, daß er für längere Zeit einen N-Ansatz erlaubt.

Versuch von Nahrungsgemischen unter Zusatz von Grieben.

Mit den Grieben und anderen Nahrungsmitteln wurden folgende Kombinationen gefittet:

Versuch I:
127 g Brot, 300 g Kartoffel, 300 g Fleisch.

Nach den besonders angeführten Analysen war die Nahrungsaufnahme¹:

	N	Kalorien
Brot	1.86	302.1
Kartoffel	1.28	395.3
Fleisch	8.69	281.5
	11.83	987.9
		Brittkalorien
		= 844.7
		(mit 36.3 Proz. Eiweißkalorien)

¹ Die Kartoffeln waren sehr wasserarm geworden, da die Versuche im Mai und Juni 1918 ausgeführt worden sind und die Kartoffeln aus der Ernte 1917 herrührten.

² 110.2 Hamkalorien + 47.8 im Kot = 158.0 Kalorien insgesamt.

Die Ausscheidungen waren = 111.5 g trockener Kot pro 7 Tage = 15.91 g pro Tag.

Die Zusammensetzung des Kotes war:

	Für 100 Teile trocken	Für 15.9 Teile trocken
Asche	7.65	—
N	3.21	0.51
Kalorien	430.90	68.50

Der Kot war weder in diesem Versuch noch in den folgenden fünf weiteren Versuchen dünn, sondern stets von hohem Trockengehalt. Ausgeschieden wurden 4.5 g Zellmembran pro Tag.

Versuch II:

125 g Fettgrießen, 450 g Kartoffeln.

In den Nahrungsmitteln war enthalten:

Fettgrießen	N 14.00	Kalorien 673.8
Kartoffel	2.07	641.8
	16.07	1315.6 Bruttokalorien
		= 1172.4 Reinkalorien ¹
		(mit 35.3 Proz. Eiweißkalorien)

In 7 Tagen betrug der Kot lufttrocken 161.5 g = 23.07 g pro Tag. Die Zusammensetzung des Kotes war:

	Für 100 Teile trocken	Für 23.78 Teile trocken
Asche	14.68	—
N	5.23	1.18
Kalorien	446.60	104.50

Ausgeschieden wurden 4.46 g Zellmembran pro Tag.

Versuch III:

125 g Fettgrießen, 190 g Brot.

In dieser Nahrung war enthalten:

	N	Kalorien
Brot	3.14	548.9
Grießen	14.00	673.8
	17.14	1222.7 Bruttokalorien
		= 1064.7 Reinkalorien ²
		(mit 41.8 Proz. Eiweißkalorien)

² 74.7 Harnkalorien + 68.5 im Kot = 143.2.
¹ 98.4 Harnkalorien + 104.5 im Kot = 202.8 Kalorien insgesamt.

In 7 Tagen wurden entleert 99.5 g lufttrockener Kot = 14.2 g lufttrockener pro Tag = 13.95 g trockener.

Die Zusammensetzung des Kotes war:

	Für 100 Teile trocken	Für 10.91 Teile trocken
Asche	17.65	—
N	7.60	1.06
Kalorien	433.5	60.47

Ausgeschieden wurden 3.15 g Zellmembran pro Tag.

Versuch IV:

125 g Fettgrießen, 450 g Fleisch.

Die Nahrung enthielt:

Grießen	N 14.00	Kalorien 673.8
Fleisch	13.02	429.8
	27.02	1103.6 Bruttokalorien
		= 885.2 Reinkalorien ¹
		(mit 70.9 Proz. Eiweißkalorien)

In 7 Tagen wurden entleert 70.0 g lufttrockener Kot = 10.09 g pro Tag.

Die Zusammensetzung des Kotes war:

	Für 100 Teile trocken	Für 9.7 Teile trocken
Asche	23.53	—
N	7.29	0.708
Kalorien	462.40	44.85

Versuch V:

127 g Brot, 300 g Kartoffel, 83 g Fettgrießen.

In der Nahrung war:

Brot	N 2.03	Kalorien 327.2
Kartoffel	1.29	396.2
Fettgrießen	9.00	449.1
	12.31	1172.5 Bruttokalorien
		= 909.5 Reinkalorien ²
		(mit 39.2 Proz. Eiweißkalorien)

In 7 Tagen wurden entleert 140.5 g lufttrockener Kot = 19.72 g trockener Kot pro Tag.

Die Zusammensetzung des Kotes war:

	Für 100 Teile trocken	Für 30.85 Teile trocken
Asche	13.69	—
N	4.13	0.81
Kalorien	435.90	85.96

Ausgeschieden wurden 4.96 g Zellmembran pro Tag.

¹ 173.6 Harnkalorien + 44.8 im Kot = 218.4 Kalorien insgesamt.
² 77.0 Harnkalorien + 85.96 im Kot = 163.0 Kalorien insgesamt.
Archiv f. A. u. Ph. 1918. Physiol. Abtbg.

Versuch VI:

225 g Kartoffel, 62 g Fettgrießen, 225 g Fleisch, 95 g Brot.

In dieser Nahrung waren:

	N	Kalorien
Kartoffel	1.05	325.2
Fettgrießen	7.00	336.9
Fleisch	6.50	214.9
Brot	1.54	249.1
	16.09	1226.1 Bruttokalorien
		= 1055.6 Reinkalorien ¹
		(mit 39.6 Proz. Eiweißkalorien)

In 7 Tagen wurden entleert 121.5 g lufttrockener Kot = 16.76 g trockener Kot pro Tag.

Die Zusammensetzung des Kotes war:

	Für 100 Teile trocken	Für 16.76 Teile trocken
Asche	13.62	—
N	5.08	0.85
Kalorien	471.00	79.00

Ausgeschieden wurden 3.15 g Zellmembran pro Tag.

Im Durchschnitt verbraucht der Hund etwa 1000 Reinkalorien im Tag, wobei er sich mit geringen Schwankungen auf dem Gewicht erhielt. Was die Verhältnisse des mittleren Eiweißansatzes, des Ansatzes und der Abgabe von N anlangt, so geben darüber folgende Zahlen Auskunft im Mittelwert für den N jeder Versuchreihe:

Versuch	Zufuhr	Umsatz	Bilanz
I	11.83	8.35	+3.48
II	16.07	14.67	+1.40
III	17.14	15.40	+1.74
IV	28.00	21.17	+6.83
V	12.31	10.14	+2.17
VI	16.09	15.12	+0.97
		86.93	

Eine Abgabe von N vom Körper ist also in keiner dieser Reihen eingetreten.

Resultat.

A. Kombination zweier Nahrungsmittel.

Nachdem die analytischen Resultate mitgeteilt wurden, gehe ich dazu über, dieselben einer näheren Untersuchung in bezug auf die theoretische Forderung der Aussützung auf Grund der Rechnung aus den Komponenten

¹ 100.5 Hamkalorien + 79.00 im Kot = 179.5 Kalorien insgesamt.

mit den direkten Ergebnissen zu unterziehen. Bei einem solchen Vergleich muß man allerdings berücksichtigen, daß die Größen, welche verglichen werden, oft recht mäßige sind, so daß kleine Schwankungen in der Verdaulichkeit nicht bemerkt werden können. Man darf nie vergessen, daß das Experiment an Organismen mit zufälligen Schwankungen rechnen muß. Insoweit größere Abweichungen vorkommen, wurden die Versuche wiederholt. Sie erstrecken sich so über die Zeit von 8 Monaten, wobei aber einige Pausen gemacht wurden, um das Tier sich erholen zu lassen, da es den dauernden Aufenthalt im Stoffwechselfähig nicht verträgt. Ich stelle die theoretischen Werte und die Beobachtungen einander gegenüber. Unter ersteren verstehe ich die aus den einzelnen Nahrungsmitteln (für die jedesmal besondere Trockenbestimmungen ausgeführt worden waren) auf Grund der schon angegebenen Experimente berechneten Verluste.

Nach den theoretischen Berechnungen sollten sich im Kot finden (Versuch ID):

	Organische Substanz	Kalorien	N	Zellmembran
Aus 125 g Fettgrießen	4.48	26.70	0.410	—
„ 450 g Kartoffel	15.00	67.98	0.463	3.31
	19.48	94.68	0.873	3.31
	Gefunden:			
	19.26	104.50	1.180	4.40

Die Übereinstimmung ist in diesen Versuchen eine sehr weitgehende. Die berechnete organische Substanz stimmt fast völlig mit der berechneten, der Kalorienbefund deckt sich annähernd, nur hinsichtlich des N ist die Ausscheidung etwas größer gewesen und die Zellmembranausscheidung war etwas gesteigert.

Bei der Zufuhr von Fettgrießen und Brot wird gefunden (Versuch III):

	Organische Substanz	Kalorien	N	Zellmembran
Aus 125 g Fettgrießen	4.48	26.70	0.410	—
„ 190 g Brot	12.88	60.92	0.385	6.04
	17.36	87.62	0.795	6.04
	Gefunden:			
	11.22	60.47	1.060	3.15

Dieser Versuch gibt eine erhebliche Abweichung von der Berechnung, weshalb er wiederholt worden ist, ohne ein anderes Resultat zu geben. Es unterscheidet sich vor allem dadurch, daß die Zellmembranverdauung

und damit die Brotverdauung wesentlich besser war, als erwartet werden mußte. Die bessere Resorption der Zellmembran bedingt nicht nur eine Verringerung der ausgeschiedenen Masse allein, sondern auch, wie man in anderen Fällen beobachten kann, eine Abnahme der Stoffwechselprodukte. Es ist daher wohl möglich, daß dieser Einfluß allein fast die Unterschiede soweit deckt, und also ein Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen besteht. Die dritte Kombination aus zwei Nahrungsmitteln betrifft Fleisch und Fettgrießen (Versuch IV). Nach der theoretischen Berechnung soll aus-

	Organische Substanz Kalorien		N	Zellmembran
	Theoretische Berechnung:			
Aus 125 g Fettgrießen	4.48	26.70	0.410	—
„ 450 g Fleisch	2.56	15.14	0.290	—
	7.04	41.84	0.703	—
	Gefunden: 7.60 44.85 0.708			

Die Unterschiede zwischen Beobachtung und Berechnung sind bei organischer Substanz und N verschwindend klein.

B. Kombination von drei Nahrungsmitteln.

Die Zahl der Kombinationen konnte sich nur auf drei Nahrungsmittel in zwei Versuchen beschränken.

Im Tag gehen zu Verlust (Versuch I):				
	Organische Substanz	Kalorien	N	Zellmembran
Theoretische Berechnung:				
Aus 127 g Brot	7.60	35.97	0.227	3.57
„ 300 g Kartoffel	9.36	42.29	0.282	2.11
„ 300 g Fleisch	1.71	10.09	0.139	—
	18.67	88.35	0.648	5.68
	Gefunden: 14.69 68.50 0.510 4.50			

In der Kombination ist also die Resorption besser gewesen, als sie nach der Rechnung sein sollte. Einen Anteil daran hat die bessere Resorption der Zellmembran, von der 1.14 Prozent mehr verdaut wurde, als sich berechnete. Mit dieser besseren Verdauung kann auch die geringe Ersparnis an N zusammenhängen. Die Kombination aus drei Nahrungsmitteln würde sich also ähnlich der Kombination von animalischen und der Kombination zweier vegetabilischen verhalten, was mit den oben angegebenen Experimenten zusammengeht.

Weiter wurden dieselben Kombinationen mit Auswechslung des Fleisches durch die Grießen durchgeführt (Versuch V):

	Organische Substanz Kalorien		N	Zellmembran
	Theoretische Berechnung:			
Aus 127 g Brot	8.29	39.21	0.248	3.89
„ 300 g Kartoffel	9.29	41.97	0.282	2.09
„ 83 g Fettgrießen	2.98	26.88	0.272	—
	20.48	108.06	0.802	5.98
	Gefunden: 19.72 85.96 0.810 4.96			

Dieser Versuch ergibt also in allen Teilen ein analoges Ergebnis wie der vorhergehende: die gefundene Menge organischer Substanz, die der Kalorien, der N-Ausscheidung und der Zellmembran ist besser als die errechneten.

Auch mit dem Versuch III besteht eine weitgehende Übereinstimmung in allen Teilen bis auf die N-Ausscheidung, welche dort etwas größer ist als die berechnete. Die Zellmembranverdauung war hier bei Versuch V zwar besser, wie die Rechnung es verlangt, aber nicht in demselben Maße wie in Versuch III verbessert.

C. Kombination von vier Nahrungsmitteln.

Zum Schluß wurde eine Kost verabreicht, welche aus allen vier Nahrungsmitteln, welche in Frage kommen, zusammengesetzt war (Versuch VI):

	Organische Substanz	Kalorien	N	Zellmembran
Theoretische Berechnung:				
Aus 225 g Kartoffel	7.63	34.44	0.231	1.71
„ 62 g Fettgrießen	2.24	13.35	0.208	—
„ 225 g Fleisch	1.28	7.57	0.105	—
„ 95 g Brot	6.31	29.85	0.188	2.96
	17.44	85.21	0.732	4.67
	Gefunden: 14.48 79.00 0.850 3.15			

Die Kombination der vier Nahrungsmittel ist in ihrem Gesamtergebnat in der Menge der organischen Kotsubstanz und der Kalorien etwas günstiger wie die theoretische Ableitung, in der N-Ausscheidung ergibt das Experiment selbst nur ein wenig mehr als die Rechnung.

Wenn man die im ersten Teil untersuchten Kombinationen mit den anderen Experimenten in Zusammenhang bringt, so ergeben sich noch einige weitere Schlußfolgerungen.

Von Wichtigkeit bleibt, daß die Kombination zweier eiweißhaltiger Nahrungsmittel, wie Grießen und Fleisch, sich genau so verhalten, wie aus den Komponenten geschlossen werden konnte. Die Summierung der Wirkungen ist hier klar zum Ausdruck gekommen, etwa so, wie wir bei

einer einfachen Steigerung der Fleischmenge einen entsprechenden Zuwachs an Ausscheidungen hätten erwarten können. Doch sind chemisch beide Nahrungsmittel ja immerhin verschieden: das Fleisch ist reich an Extraktivstoffen, die Grieben sind frei von solchen, das Fleisch ist eiweißreich, die Grieben sind von erheblichem Gehalt an Bindegewebe, auch wohl von elastischem Gewebe; für die Verdaulichkeit scheinen also solche Unterschiede nicht ausschlaggebend zu sein.

Im Gegensatz dazu steht die Kombination zweier Vegetabilien, wie Brot und Kartoffel, bei denen eine weitgehende Verbesserung der Ausnutzung der Kombination gegenüber den einzelnen Nahrungsmitteln gegeben ist. Zur Ergänzung wäre natürlich eine weitere Ausdehnung gerade dieser Versuche an Vegetabilien von mir durchgeführt worden, wenn das entsprechende Material erhältlich gewesen wäre. Es ist wohl denkbar, daß man hier, namentlich mit Heranziehung etwa der Blattgemüse mit ihrer eigenartigen Wirkung auf den Darm, die ich anderenorts hervorgehoben habe, mancherlei Wichtiges hätte feststellen können.

Die Versuche zeigen also, daß eine genaue Berechnung nur unter bestimmten Voraussetzungen, aber nicht allgemein möglich ist, wie das die Aufstellung bestimmter Verdaulichkeitsfaktoren zur Voraussetzung haben müßte. Es liegt aber der Gedanke nahe, eine Untersuchung darüber anzustellen, ob nicht doch bei einer länger dauernden wechselnden Ernährung, wenn also verschiedene Nahrungskompositionen aneinander gereiht werden, im Gesamtmittel die Berechnung ein ganz befriedigendes Resultat gibt, weil Fehler, welche etwa nach verschiedenen Richtungen fallen, sich ausgleichen können.

Zur Beantwortung dieser Frage habe ich alle Versuche (Versuch V ausgenommen) sowohl für die berechneten Werte wie hinsichtlich der gefundenen Zusammengedacht.

Organische Substanz	Kalorien	Berechnet:	
		N	Zellmembran
19.48	94.68	0.873	3.31
17.36	87.62	0.795	6.04
7.04	41.84	0.703	—
18.67	88.35	0.648	5.68
17.44	85.21	0.732	4.67
Summe 79.99	397.7	3.751	19.70
	Gefunden:		
19.26	104.50	1.180	4.40
11.22	60.50	1.060	3.15
7.60	44.80	0.708	—
14.69	68.50	0.510	4.50
14.48	79.00	0.850	3.15
Summe 67.25	357.3	4.308	15.20

Das Verhältnis zwischen Berechnet und Gefunden ist:

	Gefunden
Organische Substanz	84.1 Prozent
Kalorien	89.8
N	114.8
Zellmembran	77.0
„	„

Man sieht, daß die Summen sich nicht ausgleichen, sondern daß Rechnung und Experiment bestimmte Unterschiede zeigen, welche, in relativen Zahlen ausgedrückt, folgendes ergeben:

Die organischen Substanzverluste werden durch die Rechnung zu hoch gefunden, ebenso die Kalorien, doch ist bei letzteren das Fehlen weniger hervorgetreten wie bei der Trockensubstanz, d. h. die Ausnützung ist, nach der Kalorienzahl in den vorliegenden Versuchsreihen beurteilt, um 10.2 Prozent besser, als sie nach der Rechnung sein sollte. Die Zellmembran wurde in den Kombinationen besser verdaut als bei den einzeln geprüften Nahrungsmitteln. Diese bessere Verdauung bedingt natürlich auch einen Teil der günstigen Ergebnisse hinsichtlich der geringeren Verluste an Trockensubstanz und Kalorien, wie schon erwähnt worden ist. Die Unterschiede sind bei der Zellmembran zwischen Rechnung und Befund sogar recht erheblich.

Der N-Verlust fällt zwischen Rechnung und Befund nach anderer Richtung, d. h. er ist größer, als durch Rechnung festgestellt wird; das ist für die Frage des Eiweißsatzes also wichtig und um so bedeutungsvoller, je kleiner die zugeführten Eiweißmengen sind.

In dieser Versuchsreihe zeigt eine Kombination zwischen Theorie und Versuch — wenn man die Schwierigkeiten der Experimente in Betracht zieht — fast völlige Übereinstimmung: die reine Fleisch-Griebenkombination. Sie kommt praktisch reiner Eiweißfettkost gleich, spielt daher für den Menschen keine besondere Rolle. Man sollte daher diesen Versuch aus der Zusammenstellung fortlassen, dann ändern sich auch die Fehlergrenzen der Mischungen von Animalien und Vegetabilien zumungunsten der Genauigkeit der Berechnung, denn der Verlust an organischer Substanz sinkt bei dem Experiment auf 81.9 Prozent, der der Kalorien auf 87.8 Prozent, während der Verlust des Eiweißes auf 118.1 Prozent und der der Zellmembran auf 61.9 Prozent steigt.

Natürlich treten in der menschlichen Kost noch viel zahlreichere Kombinationen auf; da es aber ersichtlich ist, daß allgemeine Unterschiede zwischen Animalien und Vegetabilien vorliegen, so würden letzten Endes doch immer wieder Differenzen sich finden müssen.

Bei den ersten Versuchsreihen hatte ich gezeigt, daß die Ursachen für die günstigere Resorption der Kombinationen in der Veränderung der Stoffwechselproduktmenge bestehen können. Es bietet sich also ein Weg, durch das Experiment hierüber Aufschluß zu erhalten, ob die Resorption des Materials selbst oder die Stoffwechselprodukte an dem Ergebnis der Abweichung zwischen Rechnung und Befund beteiligt sind. Ich habe daher auch die oben angeführten Versuchsreihen benutzt, um die zur Lösung der gestellten Frage notwendigen Analysen auszuführen. Ich glaube aber darauf verzichten zu können, das ganze umfangreiche Zahlenmaterial wie in den ersten Versuchsreihen ausführlich wiederzugeben und stelle in nachfolgender Tabelle nur die Resultate der einzelnen Versuche zusammen.

Verlust an Stoffwechselkalorien.

Stärke Kalorien	Zellmembran	Pentosan	Summe	Kalorien im Kot	Kalorien aus Stoffwechsel	Verzehrte Kalorien	Vom Verzehrten ist Stoffwechsel in Proz.	Von 100 Kal. treffen aus Stoffwechselprodukte
-----------------	-------------	----------	-------	-----------------	---------------------------	--------------------	--	---

Versuch I, Brof., Kartoffeln und Fleisch:

13-40 | 27-38 | 4-46 | 45-18 | 68-50 | 23-30 | 907-9 | 2-57 | 35-48

Versuch II, Grießen und Kartoffeln:

12-00 | 36-26 | 1-68 | 49-94 | 104-50 | 54-60 | 131-6 | 4-15 | 52-25

Versuch III, Grießen und Brot:

4-42 | 20-62 | 3-34 | 28-38 | 60-50 | 37-10 | 1223-0 | 3-03 | 61-32

Versuch IV, Grießen und Fleisch:

— | — | — | — | 44-80 | 44-80 | 1104-0 | 4-06 | 100-00

Versuch V, Grießen, Kartoffeln und Brot:

11-84 | 31-29 | 7-29 | 50-32 | 85-96 | 35-64 | 1232-0 | 2-89 | 41-44

Versuch VI, Grießen, Kartoffeln, Brot und Fleisch:

8-08 | 21-66 | 4-02 | 33-76 | 79-00 | 45-24 | 1226-0 | 3-68 | 57-26

Stoffwechselkalorien bei den einzelnen Nahrungsmitteln

Fleisch	30-5
Grießen	53-4
Brot	45-9
Kartoffel	58-9

Versuch I:

18-45 Zellmembran + 8-87 Protein = 27-32 Kalorien für Zellmembran + Protein

Versuch II:

18-28 Zellmembran + 17-78 Protein = 36-26 Kalorien für Zellmembran + Protein

Versuch III:

12-91 Zellmembran + 7-71 Protein = 20-62 Kalorien für Zellmembran + Protein

Versuch V:

20-33 Zellmembran + 10-96 Protein = 31-29 Kalorien für Zellmembran + Protein

Versuch VI:

12-91 Zellmembran + 8-75 Protein = 21-66 Kalorien für Zellmembran + Protein

Verlust an Stoffwechsel-N.

Auf 100 Teile Kot Protein	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N	N-Ausscheidung pro Tag	N in Stoffwechsel	N in der Zufuhr	Prozent-Verlust an Protein	Prozent-N in Stoffwechselprodukten
---------------------------	-------------	-----------------	-----	------------------------	-------------------	-----------------	----------------------------	------------------------------------

Versuch I:

9-65 | 15-91 | 1-53 | 0-245 | 0-510 | 0-270 | 11-83 | 2-07 | 48-04

Versuch II:

13-73 | 22-58 | 3-10 | 0-497 | 1-180 | 0-683 | 16-07 | 3-09 | 57-90

Versuch III:

9-54 | 13-95 | 1-33 | 0-213 | 1-006 | 0-793 | 17-14 | 1-24 | 74-80

Versuch IV:

— | — | — | — | 0-708 | — | 27-02 | — | 100-00

Versuch V:

9-60 | 19-72 | 1-89 | 0-303 | 0-812 | 0-509 | 12-32 | 2-46 | 62-68

Versuch VI:

9-02 | 16-76 | 1-51 | 0-241 | 0-851 | 0-611 | 16-09 | 1-48 | 71-79

Stoffwechsel-N.

bei den verschiedenen Nahrungsmitteln

Fleisch	0-42
Grießen	0-82
Brot	0-46
Kartoffel	0-44

Die Versuchsreihe IV scheidet aus, da bei ihr ja ausschließlich Eiweiß verabreicht wurde, wenn auch in der Kombination von Fleisch und Grießen. Im Gesamtnittel betragen die Stoffwechselkalorien 49-5 Prozent der Ausscheidungen, der Stoffwechsel-N 63-0 Prozent, letzterer also etwas mehr wie erstere. Da die Nahrungsmischungen entweder nur aus Eiweiß oder Stoffmengen mit über 30 Prozent Eiweiß bestanden, also im Mittel aus gut resorbierbaren Gemischen überhaupt, so ist auch der Verlust an Stoffwechselprodukten, bezogen auf die Einnuhr, sehr günstig, was zur Beurteilung des Ergebnisses wichtig ist.

In der Tabelle sind unter Zufuhr die Rohkalorien gemeint, dies hat bei dem hohen Eiweißgehalt und sehr wechselnden Eiweißgehalt der Nahrungsgemische seinen Nachteil für die Rechnung. Gleichartiger wird und die Stoffwechselprodukte für die Kalorienbetrachtung einander gegenüber und berechne dann den Anteil, welchen die Stoffwechselprodukte zu dieser Zahl nehmen.

Man erhält folgendes Ergebnis für die Stoffwechselkalorien:

Versuch IV, Grießen und Fleisch	4.84	Prozent	Verlust
Versuch II, Grießen und Kartoffeln	4.45	"	"
*Brot und Fleisch	4.30	"	"
Versuch VI, Brot, Kartoffeln, Grießen und Fleisch	4.10	"	"
Versuch V, Grießen, Kartoffeln und Brot	3.77	"	"
*Kartoffeln und Brot	3.55	"	"
*Kartoffeln und Fleisch	3.44	"	"
Versuch III, Grießen und Brot	3.35	"	"
Versuch I, Kartoffeln und Fleisch	2.68	"	"
Der Stern bezeichnet Versuche der ersten Reihe (vgl. S. 147).			

Auf diese Ergebnisse hat bis zu einem gewissen Grade auch der Eiweißumsatz einen Einfluß, er war in Versuch IV am größten, in den Versuchen V und I am niedrigsten. Ich habe es aber unterlassen, dafür besondere Korrekturen einzuführen, obschon dies möglich wäre. Die Verluste durch Stoffwechselprodukte wechseln in den verschiedenen Gemischen, aber im ganzen nicht erheblich, denn die vorliegenden Zahlen geben uns ja das Verhältnis zur Gesamtresorption. Die Gemische zeigen nach obiger Zusammenstellung durchschnittlich eine Verringerung des Stoffwechselwertes bei ausschließlicher Deckung des Bedarfes von Eiweiß aus Fleisch und Grießen.

Aus den Einnahmen habe ich die zu erwartenden Ausscheidungen an N- und Kalorienstoffwechselprodukten berechnet und zwar in nachfolgender Tabelle.¹

	Vergleich der Berechnung		Berechnete und direkt bestimmte Zellmembran	
	der Stoffwechselausscheidungen mit der direkten Bestimmung		Gesamt-	
	N	Kalorien	N	Kal.
Versuch I, Brot, Kartoffeln und Fleisch:				
Berechnet	0.46	48.8	0.65	88.3
Gefunden	0.27	23.3	0.51	68.5
	—	25.5	—	19.8
Versuch II, Grießen und Kartoffeln:				
Berechnet	0.71	66.1	0.87	94.7
Gefunden	0.68	54.6	1.18	104.5
	—	11.5	—	+9.8
Versuch III, Grießen und Brot:				
Berechnet	0.65	50.8	0.79	87.6
Gefunden	0.79	37.1	1.06	60.5
	—	13.7	—	-27.1
Versuch V, Brot, Kartoffeln und Grießen:				
Berechnet	0.61	58.0	0.80	108.1
Gefunden	0.51	35.6	0.81	86.0
	—	22.4	—	-22.1
Versuch VI, Brot, Kartoffeln, Grießen und Fleisch:				
Berechnet	0.88	52.7	0.73	85.2
Gefunden	0.61	45.2	0.85	79.0
	—	7.5	—	-6.2
				-1.52

¹ Bei Beurteilung der Zahlen muß ich übrigens nochmals auf das bei der Zellmembranveränderung in Gemischen Gesagte verweisen.

Betrachten wir die Resultate:

Versuch I zeigte eine Resorption, welche nur um 19.8 Kalorien besser war als die berechnete. Wie erklärt sich dies? Die Tabelle gibt Auskunft: es war um 1.18 g Zellmembran mehr verdaut worden (4.82 Kalorien). Die Stoffwechselprodukte waren um 25.5 Kalorien geringer, woraus man schließen kann, daß durch einen anderweitigen Verlust diese Ersparnis zum Teil kompensiert wurde.

Versuch II zeigt im Befund einen etwas größeren Verlust als die Rechnung. Dies wird nur zum Teil durch die verschlechterte Ausnützung der Zellmembran gedeckt, zumal auch die Stoffwechselprodukte im Befund kleiner waren. Neben der Zellmembran ist offenbar auch Protein verloren worden, was die höhere N-Ausscheidung auch erkennen läßt.

In Versuch III ist eine bessere Ausnützung um 27.1 Kalorien vorhanden; davon sind 11.8 Kalorien gedeckt durch günstige Resorption der Zellmembran, es fehlen noch 15.3 Kalorien. Diese Zahl stimmt fast ganz mit der Verringerung der Stoffwechselprodukte in der Kombination zusammen. Versuch V läßt eine Besserung der Resorption um 22.1 Kalorien errechnen; da nur 1.0 g Zellmembran mehr verdaut werden (4.1 Kalorien), so bleiben noch 18.1 Kalorien der besseren Ausnützung der Kombination, sie wurden tatsächlich gedeckt durch die Verminderung der Stoffwechselprodukte = -22.4 Kalorien.

Versuch VI hat eine Verbesserung der Resorption um 6.2 Kalorien errechnen lassen, diese wurden gedeckt durch 6.2 Kalorien aus verbesserter Resorption der Zellmembran; da auch die Stoffwechselprodukte um 7.2 Kalorien abnehmen, muß ein kompensatorischer Mehrverlust eingetreten sein.

Im übrigen wird man an derartige Berechnungen keine allzu großen Anforderungen stellen dürfen, weil es sich ja um kleine Werte handelt und die Feststellungen von so vielen Messungen abhängig sind, daß geringe Abweichungen gewiß unvermeidlich sind. Bei Kombinationen von Nahrungsmitteln ändern sich also die realen Werte mitunter erheblich gegenüber den theoretischen. So unerwünscht es sein mag, auf gewohnte Durchschnittszahlen zu verzichten, so wird doch der alte Weg der Verdauungsfaktoren verlassen werden müssen.

Als Gesamtergebnis zeigt sich, daß durchweg die Menge der Stoffwechselprodukte (Kalorien) in den Kombinationen im direkten Befunde gegenüber der Berechnung kleiner ist als die Rechnung; und daß mehrfach die Unterschiede in der Änderung der Gesamtresorption auf diese Veränderungen der Stoffwechselprodukte zurückgeführt werden können.

Zucker und Fett als Beigabe der Nahrung.

Bisher haben wir die Ausnützung von Nahrungsmitteln, also von Nahrungstoffgemischen, in ihrer gegenseitigen Einwirkung oder als Objekt der Wirkung auf den Darm behandelt. Die Ernährung kann aber auch durch die Zugabe einzelner Nahrungsstoffe ergänzt und vermehrt werden. Als solche kommen Zucker und Fett in Betracht. Wo sie im Verband einer Speise auftreten, sind sie mit deren besonderen Ausnützungsverhältnissen so verbunden, daß man ihr besonderes Verhalten nicht immer feststellen kann. Es läßt sich aber durch Versuche ihr Einfluß auf die Ausnützung nachweisen, wenn sie als einfache Zugaben gewählt worden sind. Freies Fett, freier Zucker beteiligen sich nicht an einer Belastung des Darmes, das geht aus folgenden Erfahrungen und Experimenten hervor:

Zunächst ist mir wenigstens aus Versuchen, die, wenn auch nicht systematisch angeordnet, so doch in ihren Ergebnissen eindeutig waren, bekannt, daß Rohrzucker oder auch Traubenzucker eine Veränderung der Kotmenge beim Hunde nicht herbeiführt. Der Zucker hat in Experimenten von Carl Voit und solchen, die ich früher auszuführen Gelegenheit hatte, weder Mehrung noch Minderung der Kotmenge herbeigeführt.¹ Eine zweite Beobachtung ähnlicher Art habe ich bei Fettfütterung am Menschen gemacht: wenn es sich um Fett handelt, welches nicht wie Speck in Membranen eingeschlossen ist, hat sich beim Menschen bei mittleren Mengen ein Einfluß auf die Fettsausscheidung und Kotbildung nicht nachweisen lassen.² Auch wußte man schon lange, daß bei Fettszufuhr sich die Zusammensetzung des Kotes nicht zu ändern braucht. Über die Wirkungslosigkeit des Rohrzuckers gibt folgende neue Versuchsreihe Aufschluß. Zucker wurde als Rohrzucker verabreicht und neben Kartoffeln an den Hund verfüttert. In zwei je 7tägigen Versuchsreihen, welche ganz gleichmäßig vertiefen (300 g Kartoffel + 200 g Rohrzucker und 300 g Kartoffel ohne weitere Zugabe), war folgendes Ergebnis erzielt worden:

	N- Auscheidung	Organische Kotmenge	Kalorien pro Tag
Kartoffeln und Zucker	0.124	2.62	13.05
Kartoffeln	0.103	3.39	16.33

Der Rohrzucker hat also keine Veränderung der Kotbildung veranlaßt. Die Schwankungen der Zahlen sind so gering, daß sie neben-

¹ Vgl. *Zeitschr. f. Biol.* 1897. Bd. XXXV. S. 68.

² *Ebenda.* Bd. XV. S. 170.

sächlich erscheinen; dabei deckt der Zucker zwei Drittel des ganzen Nahrungsbedürfnisses. Diese Ergebnisse sind nur bedingt auf den Milchzucker zu übertragen. Man weiß aus vielen Erfahrungen am Menschen, daß z. B. Milchzucker, wenigstens wenn nicht allzu wenig gereicht wird, eine Darmreizung und infolgedessen einen dünnen Stuhl hervorruft. Bei solchen Vorgängen wird zunächst die N-Ausscheidung durch den Darm erhöht. Eingehende Versuche hierüber hat W. Röhl angestellt.¹

Bezüglich des Fettes bedarf es, wie ich meine, weiterer Versuche vorläufig nicht, da die Resultate beim Menschen völlig eindeutige gewesen sind. Erwähnt werden muß allerdings die Mehrung der Kalkseifen nach Milchfütterung, welche aber für die praktischen Fragen der Ernährung; zu denen die Ausnützung die Unterlage bietet, ohne quantitativen Belang erscheint. Auch bei den schwer resorbierbaren pflanzlichen Farbstoffen, wie dem Karotin und Chlorophyll, handelt es sich nur um kleine Mengen von unresorbiert geliebener Material, wodurch die Berechnung einer Nahrung nicht wesentlich beeinflusst werden kann. Freies der Nahrung zugegebenes Fett oder Zucker müssen bei der Berechnung der Ausnützung also ganz außer Betracht bleiben. Immerhin ein bedeutungsvoller Vorgang. In dieser Hinsicht ist zwischen den N-freien Stoffen und dem Eiweiß ein wesentlicher Unterschied, weil letzteres, gelöst oder ungelöst, stets Einfluß auf die Bildung von Stoffwechselprodukten ausübt im wahrsten Sinne des Wortes, und weil es weniger auf den Verdauungsakt als auf den Stoffumsatz seine Wirkung übt.

So nahe verwandt die Stärke dem Zucker ist, so gehört sie anscheinend nicht mehr zu den Stoffen, die ohne Aufwand von Stoffwechselprodukten verdaut werden. Beim Hund wird die Sache nicht anders liegen wie beim Menschen. Bei letzterem habe ich zuerst die Verdaulichkeit des Gebäckes aus reiner Hoffmannschen Stärke, Fett und Zucker untersucht und eine Kotbildung gesehen, welche etwa feinem Brot entspräche. Da ich aber damals kein Verfahren kannte, Stoffwechselprodukte näher nachzuweisen, so blieb der Versuch in dieser Hinsicht ohne Bedeutung, wennschon er den allgemeinen Grad der Kotbildung richtig angab.

Versuche, aus denen der Nachweis des Grades der Wirkung der Stärke auf die Verdauungsvorgänge beim Hunde zu ermesen wäre, fehlen auch heute noch. Zwar hat Tsuboi² in Voits Laboratorium zwei Fütterungsversuche am Hund mit verquollener Stärke, Fett und Zucker angeführt, aus denen sich die Verdaulichkeit dieser Nahrung und sogar

¹ *Arch. f. klin. Med.* 1905. Bd. LXXXIII. S. 523.

² *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XXXV. S. 76.

die Größe der Stoffwechselprodukte ergeben sollten. Die Zusammensetzung der Nahrung kann man aus Tsubois Angaben annähernd berechnen, also auch ersehen, wieviel er etwa Stärke für einen Hund (von rund 16 Kilo) verabreicht hat. Aus den Ausscheidungen von Kot kann man unter der Annahme, daß 1 g Organisch etwa 5.48 Kalorien liefert, auch den Verlust errechnen. Ich finde dabei:

Vers. I. Tr. Subst. gefittert =
 132 g Stärke = 271 Kal. Ausscheidung 27.6 Kal. = 10.2 Proz. Verlust
 Vers. II. Tr. Subst. gefittert =
 305 g = 192.2 g Stärke = 787 Kal. Ausscheidung 65.1 Kal. = 8.2 Proz. Verlust

Tsuboi war der Meinung, daß seine Versuche einen proportionalen Verlust zur Nahrungsmenge darstellen. Das trifft nicht ganz zu, weil er doch auch Fett und Zucker gefittert hat, die auch nach seiner Meinung keinen Einfluß auf die Kotbildung haben. Auf die Stärke berechnet, sind die Verluste nicht ganz übereinstimmend und jedenfalls sehr groß. Aus Tsubois Zahlen kann man für Versuch I 0.9 Prozent, für Versuch II 2.9 Prozent Stärkeverlust berechnen. Trotzdem zeigt dieser Versuch II mit einer nach meiner Erfahrung schlechten Stärkeausnutzung eine bessere Gesamtausnutzung, auf Stärke bezogen. Indem Tsuboi nur die Stärke des Kotes von der Gesamtausscheidung abzieht, glaubt er damit die Stoffwechselgröße zu bestimmen, die dann in beiden Experimenten etwa der Trockensubstanz parallel gehen soll. Jedenfalls ist es sicher, daß die Verdauung von Stärke Stoffwechselprodukte liefert, diese müssen aber ganz anderer Größenordnung sein, als Tsuboi sie angibt. Nach meinen Versuchen kann der Hund das Brot und also die Stärke ebenso verdauen wie der Mensch; die niedrigsten optimalen Kalorienverluste bei feinstem Weizenbrot bewegen sich um 3 bis 4 Prozent, die Stoffwechselwerte etwa um 2 Prozent. Wenn man bedenkt, daß auch bei feinem Weizenmehl doch auf den N-Gehalt ein Teil von Stoffwechselprodukten entfällt, so muß der Aufwand für die Stärkesorption gering sein. Daher wird es richtig sein, den größeren Teil des Kotes, den ich nach Aufnahme von 759 g trockener Kuchen substanz von N-ärmster Stärke (+ etwas Fett und Zucker) habe ausscheiden gesehen, als einen solchen Stoffwechselrest anzusehen.

Inwieweit die Nahrungsmengen eine der Masse proportionale Verdauung zeigen, wenn man durch Kombination von Nahrungsmitteln mit Nahrungsstoffen, die ohne Wirkung auf den Darm sind, eine Kost mischt, die zwar genügend zur Lebenshaltung ist, aber ein „kottbildendes“ Nahrungsmittel nur in kleinen Quantitäten einschließt, ist eine Frage, die noch besonders gelöst werden muß und bisher nicht untersucht ist.

Resorption geringer Mengen von Nahrungsmitteln und leichtest verdaulicher Nährstoffe.

Bisher wurden nur Fälle behandelt, in denen die verabreichten Nahrungsmittel tunlichst eine Vollernährung zu erzielen versuchten. Damit ist die Reihe der Möglichkeiten nicht erledigt. Wenn man eine leicht resorbierbare Beikost gibt, wie Zucker und Fett, so kann man die sonstigen Nahrungsmengen, welche kottbildend wirken, sehr bedeutend einschränken. Die Ausnutzung geht bei vielen Nahrungsmitteln proportional der Masse der Zuhhr, das findet sich bei Fleisch, auch bei Brot, auch bei der Milch und bei der Kartoffel.

Ich habe aber, um zu einem Extrem zu gelangen, bei Kartoffelzuhhr den Energiebedarf zu zwei Dritteln mit Zucker gedeckt; die dabei erhaltenen Ergebnisse weichen ganz erheblich von jenen ab, die ich mit Zweidrittel-Kartoffelkost oder Vollkost mit Kartoffeln beim Hund gefunden hatte. Der Hund wurde also mit einer kleinen Menge Kartoffeln (300 g frisch) gefittert und erhielt dazu 200 g Rohrzucker zu dem Zwecke, ihn auf ein N-Minimum der N-Ausscheidung zu bringen, was man durch anderweitige Fütterung nicht leicht erreicht. Dies Ergebnis wurde auch erzielt, aber doch noch unter Abgabe von 0.37 g N vom Körper, bei 4.7 Prozent der Gesamtkalorien, was dem Verhältnis entspricht, wie ich es zuerst bei Begrenzung der Abnutzungsquote schon 1885 angegeben habe. Der Hund hatte alimentäre Glykosurie, gab Rohrzucker und Invertzucker aus, im Einklang mit meinen ersten Feststellungen hierüber.

Viele Tage erschien kein Kot, dann eine weiche ungefärbte Masse, im ganzen 137 g frisch = 21.7 g lufttrocken (15.89 Prozent Trockensubstanz). Auf den Tag kamen nur 3.0 g trockener Kot, leider so wenig, daß nicht alle Stoffe wie in anderen Versuchen festgestellt werden konnten.

Kartoffel (300 g) und Zucker (200 g), 286.2 g Trockensubstanz.

	Kartoffel	Rohrzucker
Asche	3.66	—
Organisch	82.58	—
N	1.08	—
Pentosan	3.12	—
Zellmembran	5.19	—
Stärke	66.23	—
Rohrzucker	—	200.000
Kalorien	341.60	790.000 ¹

¹ Summe = 1131.6.

	In 100 Teilen trockenen Kot	In 3.00 g trockenen Kot
Asche	15.13	0.450
Organisch	84.87	2.55
N	4.13	0.12
Pentosan	4.48	0.134
Zellmembran	24.15	0.724
Kalorien	435.10	13.000

Von 100 Teilen gingen, wenn der Rohrzucker ganz außer Betracht bleibt, zu Verlust:

	Prozent	Mittel der früheren Versuche
N	11.11	23.59
Kalorien	3.80	10.60
Pentosan	4.29	10.75
Zellmembran	13.94	34.75

Von dem Protein der Kartoffel gingen 6.75 Prozent zu Verlust, wenn man die an der Zellmembran haftenden Eiweißmengen als Proteinverlust aufzählt. Die Ausnutzung der Kartoffel ist hier so groß, wie ich sie im allergünstigsten Falle beim Menschen einmal beobachtet habe, die Zellmembran ausgezehnt aufgenommen; dabei besteht aber der Kot immer noch zu fast einem Viertel aus unverdaulichen Zellmembranen.

Die Stoffwechselprodukte lassen sich nur annähernd berechnen, weil die Analyse der Stärke im Kot fehlt; ich darf aber wohl annehmen, daß, wenn alle Bestandteile so günstig resorbiert werden, auch die Stärke mit höchstens 1 Prozent (wie beim Menschen) zu Verlust ging = 0.66 g pro Tag. Dies angenommen, würde sich berechnen:

Aus Stärke	2.71 Kalorien
„ Pentosan	0.55 „
„ Zellmembran	2.97 „
„ Protein	2.55 „
	8.78 Kalorien

Kalorien im Kot	Kalorien im Stoffwechsel	Verzehrt an Kalorien	Verlust an Stoffwechsel Kal.	Von 100 Kal im Kot sind Stoffwechselprod.
13.0	4.2	341.6	1.23	32.3 Prozent

Für die N-Ausscheidung findet man:

In der Zellmembran				N in Kot pro Tag	N in Stoff- wechsel- produkten	N in der Zufuhr	Prozent- verlust an Protein	Prozent- verlust an N in den Stoff- wechsel- produkten
Auf 100 Teile Kot	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N					
14.77	3.0	0.44	0.071	0.12	0.05	1.08	6.57	47.22

Das Eigenartige ist also die ungehewene Armut an Stoffwechselprodukten jeder Art. Als eine Verdauung im N-Minimum ist dieser Versuch nicht ganz einwandfrei, weil in den ersten Tagen, um das Minimum zu erreichen, N vom Körper abgegeben wurde, so daß der mittlere N-Umsatz dieser ganzen Reihe nicht viel kleiner war, als er etwa bei Fütterung mit 600 g Kartoffeln sein würde. Doch muß man bedenken, daß der Zusehluß von N vom Körper, der ja bis zu einem gewissen Grade die Stoffwechselprodukte mehrt, dies nur in der beim Hungerzustande bekannten Weise tut, d. h. in sehr beschränktem Grade, während die Anregung des Umsatzes durch die Fütterung einen wesentlichen Einfluß auf die Bildung von Kotbestandteilen äußern kann.

Die vorstehenden Ergebnisse waren aber nicht von dem Zusatz von Zucker abhängig, wie durch Vergleich mit einfacher Fütterung von 300 g Kartoffeln sich hatte erweisen lassen. Die Versuche wurden auch wiederholt, wobei sich sowohl bei Zuckergaben wie ohne solche Zahlen ergeben, die zum Teil wesentlich höher waren, wie der vorhergehende Versuch sie gezeigt hat. Die abweichenden Zahlen waren stets gekennzeichnet durch eine Änderung der Zellmembranverdauung: wurde diese ungünstiger, so war es auch das Gesamtergebnat. Die schwankenden Ergebnisse hängen also mit der Zellmembranverdauung und diese unter anderem mit der Aufenthaltszeit im Darm zusammen. Diese Bedingungen finden sich stets nur bei kleinen Mengen Nahrungsmitteln und relativ großen Mengen vollwertig resorbierbaren Zusätzen. Über die Art und Menge der N-Ausscheidung mag folgende Zusammenstellung angefügt sein.

Datum	Kost	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag	6.Tag	7.Tag	Mittel p. Tag
20. 2.	300gKart., 200gZuck.	10.34	5.62	3.70	2.31	1.78	1.85	1.45	3.83
14. 3.	300 „ 200 „	9.10	4.55	2.48	2.46	1.77	1.88	1.89	3.44
22. 3.	300gKartoffel	6.70	3.34	2.23	2.35	1.74	1.65	1.97	2.95
18. 6.	300gKartoffel	8.58	3.97	3.57	3.95	3.46	3.35	—	4.48

Die ersten drei Reihen, welche bei gleichem Ernährungszustande des Tieres bei ziemlicher Eiweißverarmung des Körpers ausgeführt waren, geben schon am 5. Tag den Tiefstand der N-Ausscheidung. Der letzte Versuch ist bei einem Körperbestand der Magerkeit mit vorheriger N-Anreicherung gemacht, der N-Verbrauch bleibt fast doppelt so hoch wie in den vorhergehenden Reihen.

Die günstigsten Ergebnisse der Kartoffelverwertung ergeben folgende Ausscheidung:

	N im Kot	Kalorien	organ. Trockens.	Zellmembran
300 Kartoffel mit Zucker	0.124	13.05	2.62	0.75
300 „ ohne „	0.103	16.33	3.39	0.67

An N wurde ausgeschieden:

	Im ganzen	In der Zellmembran	als Stoffwechsel
300 Kartoffel mit Zucker	0.124	0.071	0.053
300 „ ohne „	0.103	0.037	0.066

In 300 g Kartoffel waren enthalten:

1.13 g N
5.19 g Zellmembran
341.60 Kalorien.

Legt man die beiden Kartoffelreihen zusammen, so waren die Ausscheidungen:

0.113 g N
0.054 g N in der Zellmembran
0.059 g N in Stoffwechselprodukten
0.710 g Zellmembran
14.660 Kalorien.

Die beiden Versuche, welche minder günstige Verdauung der Zellmembran zeigten, hatten als Ausscheidung:

	N	Kalorien	organ. Trockens.	Zellmembran
300 Kartoffel mit Zucker	0.225	27.7	6.30	1.01
300 „ ohne „	0.315	38.6	7.79	2.43

Nimmt man alle vier Versuche zusammen, so bleibt als mittlerer Verlust:

N 16.80 Prozent
Kalorien 6.09 „
Zellmembran 23.30 „

Also auch mit den ungünstigsten Bedingungen der Zellmembranverdauung bleibt hier immer noch das Ergebnis günstiger als bei reichlicher Ernährung.

Für die Berechnung der Verdaulichkeitsverhältnisse hat, wie man zweifellos aus dem vorstehenden ersieht, die Art der Auswahl der Nahrungsmittel eine wichtige Rolle gespielt, es muß also auf die Menge der beigegebenen Zusatzstoffe besondere Rücksicht genommen werden, wenn die letzteren überwiegen.

Durch die lange dauernde Zurückhaltung des Kotes im Darm des Hundes, der ja sonst für die Aufspeicherung der vegetabilischen Reste nicht ausreichend Raum bietet, findet eine Verbesserung der Resorption um fast das Doppelte statt. Besonders weitgehend ist die Auflösung der Zellmembran und die Minderung des Stoffwechsel-N. Es scheint die Annahme berechtigt, daß bei dem langen Aufenthalt im Darm auch noch Anteile der Stoffwechselprodukte nachträglich zur Resorption gelangen. Die Nutzenwendung für die praktische Ernährung liegt nahe. Beim Menschen werden zweifellos solche Fälle langsamer Kotausscheidung bei gut resorbierbarer Kost häufig beobachtet. Die Vermehrung der Resorption würde die Folge sein können. Koch- und Eßsitten sind daher nicht unwichtig für die Verwertung der Kost. Die Anwendung von Standardzahlen für die Verdaulichkeit von Nahrungsmitteln sind demnach nicht ohne weiteres allgemein verwertbar. Auf die ungleiche Dauer des Aufenthaltes der Kotsorten im Darm des Menschen habe ich in dem Artikel über die Ernährung in Leydens Handbuch der Ernährung¹ aufmerksam gemacht. Schlecht ausnutzbare Gemüse können schon 4 Stunden nach der Mahlzeit im Kot erscheinen (z. B. gelbe Rüben), Gebäcke aus feinem Mehl nach 19 bis 31 Stunden, saures schwer verdauliches Brot nach 14 Stunden, Kleiebrod nach 27 Stunden, Makkaroni, Mehlküße, Kartoffeln nach 19 bis 26 Stunden, Animalien erst nach 3 bis 4 Tagen.

Für Kostarten mit überwiegend Vegetabilien ist eine längere Zurückhaltung im Darm beim Menschen nicht anzunehmen, wohl aber bei Mischungen, wie sie die Kost Wohlhabender aufweist, wenn Animalien, feine Gebäcke, Zucker, Fett als Kostbestandteile vorwiegen.

¹ 2. Aufl. Bd. II. S. 128.

Die häufig beim Menschen vorkommenden individuellen Verschiedenheiten der Ausnützung bei zellmembranreichen Nahrungsmitteln, auf die ich vielfach schon hingewiesen habe, finden zwanglos durch die ungleiche Aufenthaltsdauer des Kotes im Darm eine ausreichende Erklärung. Solche Unterschiede können aber hauptsächlich in Ungleichheiten der Darmvolumen, vor allem der unteren Partien des Dickdarms, begründet sein und da Weiterungen des Darms durch habituellen Genuß schwer verdaulicher Kost herbeigeführt werden können, „Angewöhnungserscheinungen“ sein. Für leicht resorbierbare Kost an sich sind sie aber bedeutungslos.

Wirkung der Zusätze halbverdaulicher Substanzen.

Die Verdaulichkeit halb verdaulicher Zusätze auf die Gesamtausnützung liegt von Natur aus bei den Zellmembranen vor. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß letztere nicht etwa nur insoweit in Frage kommen, als sie mechanische Hindernisse oder Reizungen des Darms verursachen oder durch die Gasbildung und der dadurch bedingten Darmstörung, sondern auch damit zu rechnen, daß die Zellmembranen die Träger von löslichen Substanzen sind, die bestimmte Rückwirkungen auf den Darm besitzen. Direkte Zugaben von halbverdaulichem Material zur Nahrung wird beim Menschen und Hund normalerweise nicht in Frage kommen. In der Kriegszeit sind aber solche Zusätze vielfach vorgeschlagen und unberechtigterweise auch beim Menschen versucht worden, wie das Friedenthalische Strohmehl übten Angedenkens. Aus meinen Untersuchungen habe ich nachstehend die Ergebnisse des Zusatzes einer großen Anzahl solcher Holzmehle und Strohmehle auf die Ausnützung des Fleisches beim Hunde zusammengestellt (s. auch diesen Band S. 88). Die mit Stern bezeichneten Versuche betreffen Zellmembranen, welche wenig andere Bestandteile einschließen.

Kalorienmenge im Kot pro Tag
bei 1000 g Fleisch und den nachfolgenden Zusätzen (das Unverdauliche abgezogen).

	Beikost	Kalorien im Kot aus Stoffwechsel bzw. Fleisch
1. Vogelweizen	1040.2	53.0
2. Weizenkeimlinge		58.7
3. * Birkenholz (75 g)		62.6
4. * Birkenholz (100 g)		64.6
5. * Kartoffelpülpe		66.2
6. Roggenkeimlinge		69.7
7. * Strohpulver		

	Beikost	Kalorien im Kot aus Stoffwechsel bzw. Fleisch
8. * Kleie		76.4
9. Kartoffelalbumin		77.5
10. * Aufgeschlossenes Stroh		78.3
11. * Aufgeschlossenes Stroh (unter Druck)		79.5
12. * Zellmembran gelber Rüben		81.7
13. * Grobes Spelzmehl		91.3
14. * Birkenholz (50 g)		94.2
15. * Holzmehl, mit CH aufgeschlossen		94.5
16. * Aufgeschlossenes Stroh (alkalisch)		103.5
17. * Haselnußschalen		103.2
18. * Holzmehl, mit CH aufgeschlossen		119.0
19. * Reines Spelzmehl		146.5
20. * Holzmehl, mit CH aufgeschlossen		155.5

Normalerweise sollte der Hund im Durchschnitt der Versuche, die ich mit Fleisch angestellt habe, als der Hund in Gebrauch genommen und kurz ehe er gestorben war, 56 Kalorien im Kote ausscheiden; was also mehr an Kalorien im Kot in der Tabelle verzeichnet ist, bedeutet eine Steigerung der Stoffwechselprodukte, welche letztere durch die Analyse bestimmt wurden, indem von der Gesamtauscheidung alle analytisch faßbaren Körper der Zellmembran und ihre Spaltprodukte zum Abzug gebracht worden sind. Ohne alle Wirkung ist also keine dieser Zellmembranen geblieben; man darf also wohl sagen, daß stets ein Teil der Stoffwechselprodukte auf die Rückwirkung der Zellmembranen auf den Darm bezogen werden muß. Manchmal kommen allerdings auch störend wirkende Spaltprodukte der Zellmembran, also mehr pharmakologische Wirkungen, in Betracht (vgl. Nr. 15, 16, 18, 20), manchmal rein physikalische Eigenschaften (vgl. Nr. 19), wie bei dem feinen Spelzmehl, dessen spitze Teile den Darm reizen.

Aus den Versuchen lassen sich folgende Schlüsse ableiten:

Die Verdaulichkeit von Gemischen von Nahrungsmitteln läßt sich aus der Verdaulichkeit der Bestandteile der Gemische dann ermitteln, wenn zwei animalische Nahrungsmittel miteinander gemischt sind, weniger genau, wenn mit einem vegetabilischen gemengt wird, d. h. die die Komponente Eiweiß oder die Kohlehydratgruppen enthalten; sie ergibt sich annähernd aus den additiven Größen der Komponenten.

Die Berechnung zeigt dagegen bei Gemengen vegetabilischer Herkunft meist große Abweichungen von der Wirklichkeit, die Gemische verhalten sich günstiger, als aus den Eigenschaften der Komponenten gerechnet wird.

Die allgemeine Anwendung bestimmter Faktoren zur Berechnung der Verdaulichkeit eines Nahrungsmittels ist nicht zulässig; wir besitzen kein

einwandfreies Verfahren, rein rechnerisch für Mischungen die Verdaulichkeitsgrößen anzugeben.

Freie Nahrungsstoffe anderer Nahrung zugesetzt, sind manchmal völlig resorbierbar, ohne die übrigen Bestandteile einer Mischung zu beeinflussen (Fett, Zucker).

Halbverdauliche Zusätze, wie Zellmembran, bedingen fast ausnahmslos eine Steigerung der Stoffwechselprodukte im Darm, deren Größe von der Natur der zugesetzten Substanz abhängig ist.

Bei sehr langer Dauer des Aufenthaltes im Darm kann die Auflösung namentlich von Zellmembranen weit vollkommener sein als bei der durchschnittlichen Verdauungszeit.

Begünstigt wird eine solche Verlängerung der Aufenthaltsdauer im Darm durch die Deckung eines großen Teiles des Nahrungsbedarfes durch Nährstoffe, welche keine Rückwirkung auf die Bildung von Stoffwechselprodukten haben.

Absolute Größeneindrücke und scheinbare Himmelstform.

Von

Wilh. Friche.

Meine in diesem Archiv, 1917, Physiol. Abtlg., S. 197ff., erschienene Mitteilung fordert in zwei Punkten eine Fortsetzung. Einerseits war dort an den irdischen Gegenständen der absolute Größeneindruck ausschließlich für die horizontale Blickrichtung untersucht. Es mußten daher zum mindesten auch für die vertikale Richtung die Verhältnisse des Größeneindrucks und des kritischen Punktes (Beginn der scheinbaren Verkleinerung der Objekte bei Zunahme der Entfernung) berücksichtigt werden. Ferner liegt es nahe, aus den Zahlen des absoluten Größeneindrucks, den der Mond, d. h. eine kreisrunde Scheibe von 31' Durchmesser, an den verschiedenen Stellen des scheinbaren Himmelsgewölbes macht, die geometrische Form dieses Gewölbes abzuleiten. Hier haben wir es mit absoluten Maßen am Himmel selbst zu tun, während bei meinen bisherigen Darstellungen dieses Gewölbes als eines halben Rotationsellipsoides mit Achsenverhältnis 1 : 3·77 diese Grundlage fehlte.

I. Absoluter Größeneindruck bei vertikaler Schichtung.

Wir haben erfahren, daß, wenn der frei bewegte Blick horizontal gerichtet ist, nahe mittelgroße und kleine Objekte, z. B. von weniger als 0·5 m Durchmesser, den im wesentlichen richtigen Größeneindruck machen, während mit zunehmender Entfernung dieser Eindruck nicht mehr richtig, sondern verringert ist. „Richtig“ nennen wir den Eindruck, wenn er im wesentlichen übereinstimmt mit dem Größeneindruck, den wir durch Betasten, Messen, Abschreiben usw. gewinnen.

Je kleiner der Durchmesser (Höhe, Länge) des Objekts, in um so geringerer Entfernung („kritischer Punkt“) beginnt diese scheinbare Verkleinerung. Bei wachsender Objektgröße wächst der zur Betrachtung mit

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIECH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER,
REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM VON WALDEYER-HARTZ,
PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

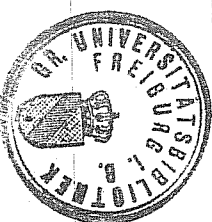
UND

DR. MAX RUBNER,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1918.

== PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG. ==

ERSTES BIS VIERTES HEFT.



LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1919

✓
9804
Le
1918

Inhalt.

	Seite
Max Rubner und Karl Thomas, Die Ernährung mit Kartoffeln	1
Max Rubner, Hindehedes Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Kartoffeln	16
Karl Thomas und Hans Pringsheim, unter Mitarbeit der Herren W. Fritze, R. Kindermann und H. Schotte, Die Verdaulichkeit der Zellulose. Vergleichende Untersuchungen	25
Max Rubner, Die Verdaulichkeit der Vegetabilien	58
Max Rubner, Über die Verdaulichkeit von Nahrungsgemischen	135
Wilh. Filtche, Absolute Größeneindrücke und scheinbare Himmelsform 183	
Arnst Kohlrausch, Die Netzhautströme der Wirbeltiere in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes und dem Adaptationszustand des Auges. I. (Mit 19 Figuren im Text und Taf. I)	195
Wilh. Filtche, Der Größen Eindruck an gleichen aber verschieden gerichteten Strecken	242

