

## Die Ernährung mit Kartoffeln.

Von

Gehelmirat **Max Rubner** und Prof. **Karl Thomas**.

Von wichtigen Nahrungsmitteln, welche für die Volksernährung in Frage kommen, ist nach den neuen Untersuchungsmethoden nur die Kartoffel noch nicht eingehender untersucht worden; im nachstehenden soll das bisher Fehlende ergänzt werden. Der eine von uns hat die erste Untersuchung über die Ausnützung der Kartoffel schon 1877 an einem kräftigen Manne ausgeführt, der seiner Herkunft nach an die Kartoffelkost gewöhnt war. Die Kartoffel wurde damals in verschiedener Zubereitung aufgenommen: als Pellkartoffel, als Kartoffelsalat, als Kartoffelshnitten oder als Röstkartoffel. In dieser verschiedenen Zubereitung brachte es der Soldat auf durchschnittlich 3078 g pro Tag (= 3011 Kal.); er deckte mit Kartoffeln allein nahezu sein Kalorienbedürfnis.<sup>1</sup> Es läßt sich nachträglich feststellen, daß der Kalorienverlust 13-95 Prozent gewesen ist bei 32-2 Prozent Verlust des N im ganzen; wie sich aus dem Auftreten namentlich gerösteter Kartoffelstücken im Kot ersahen ließ, war nicht unbeträchtlich unverdautes Material zu Verlust gegangen. Später hat Constanthinidi mit kleinen Kartoffelmengen und günstigerer Zubereitung<sup>2</sup> bei einer Person von 74 Kilo einen Versuch angestellt (täglich 1700 g frische Kartoffeln); die Menge der täglich verzehrten Kartoffeln war 436-4 g Trockensubstanz, was nach Analysen Rubners 1753-4 Kal. ausmacht, entleert wurde 20-13 g Kot, von dem 18-14 g organische Teile waren. Für letztere kann man gleichfalls nach Analysen Rubners 6-746 Kalorien pro 1 g, also 122-4 Kalorien pro Tag, annehmen, auf die Kartoffelzunehr berechnet ergibt das 6-98 Prozent Verlust der Kalorien bei 19-5 Prozent N-Verlust im Kot. Günstiger waren Resultate, die später<sup>3</sup> von dem einen von uns (R.) mitgeteilt wurden. Die Versuchs-

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

<sup>2</sup> *Thonida*, Bd. XXIII, S. 453.

<sup>3</sup> *Ebenfalls*, Bd. XLII, 1902, S. 273.

person hatte an 1363 g neue und 1076 g alte Kartoffeln = 516.8 g Trockensubstanz im Tag (2076.4 Kalorien) verzehrt und lieferte 19.83 g trockenen Kot pro Tag. Zu Verlust gingen 15.4 Prozent des N und 5.6 Prozent der Kalorien. Eine weitere Untersuchung an der gleichen Person mit neuen Kartoffeln bei 2756 g Aufnahme (2294 Kal.) pro Tag = 577.1 g Trockensubstanz gab nur 17.0 g trockenen Kot im Tag; es wurden daher nur 4 Prozent der eingeführten Kalorien verloren.

Es ergibt sich somit folgende Übersicht:

Verzehr an Kal.	der Kost	Prozent Verlust an Kal.	Prozent Verlust an N
3011	13.95	32.2	
2294	4.00	—	
2076	5.60	15.4	
1753	7.00	19.5	

Wenn man günstige Zubereitungen wählt, namentlich die geröstete Kartoffel beiseite läßt, so kann man bei Kartoffeln nach den Versuchen Rubners Ausnützungsergrade erhalten, die sehr günstige Resultate mit Bezug auf den Gesamtverlust aufweisen.

Im Grund genommen besteht die Kartoffel zum wesentlichen Teil aus Stärkemehl, woraus schon an und für sich ein ungünstiges Verhalten nicht gerade von vornherein erwartet werden kann. Innerhin hat der eine von uns mit Recht früher auf die sehr herabgesetzte Ausnützung bei Ernährung mit 3000 g Kartoffeln für den Tag hingewiesen, weil in Versuchen mit anderen, auch hauptsächlich Stärkemehl enthaltenden Nahrungsmitteln, wie Weißbrot, bei gleichgroßen Mengen sogar sehr günstig ausgenützt worden war. Bei einem so wichtigen Volksnahrungsmittel ist es aber wünschenswert, die Verhältnisse seines Aufbaues näher zu kennen, um darauf gestützt seine Besonderheiten der Verdaulichkeit zu verstehen. In neuester Zeit ist von den einen von uns näheres über die Zusammensetzung der Kartoffel bekannt geworden. Von den N-Substanzen der Kartoffel ist ein Teil Albuminstoff, der durch die Siedehitze koaguliert wird, der Preßsaff enthält den größten Teil des N der Kartoffel, wenn man sie in rohem Zustand untersucht. Bei dem reichen Gehalt an Amidsubstanzen, die manche Kartoffelsorten aufweisen, steht der unmittelbaren Resorption dieser Körper jedenfalls kein nennenswertes Hindernis im Wege. Demgegenüber ist die nicht ganz gute N-Resorption immerhin bemerkenswert. Der Zellmembrangehalt wurde zu 5.59 Prozent der trockenen Kartoffel gefunden, das mag etwa einen Mfchl von 60 Prozent Atmanhang

<sup>1</sup> Dies *Archiv*, 1915, Physiol. Abthg. S. 203.

ungefähr gleichkommen. Man sieht also, daß in dieser Hinsicht die Kartoffel sehr günstig gestellt ist, namentlich auch den anderen Wurzelgewächsen und Blattgrünen gegenüber. Die Zusammensetzung dieser Zellmembranen ist eigenartig, nicht nur ist die Kartoffel im ganzen sehr pentoosan, auch die Zellmembran, die durchschnittlich bei anderen Vegetabilien recht reich an Pentosan ist, enthält bei der Kartoffel sehr wenig davon. Aus der zum Teil sehr guten Resorption der Kartoffel trotz mittleren Gehaltes an Zellmembran muß man schließen, daß die letztere zu den gut resorbierbaren zu rechnen ist. Bei *Constantinida* findet sich für die Zellhülle der Kartoffel die Angabe, daß sie zu 78.9 Prozent verdaut werden, was einen Verlust von 21.1 Prozent entspricht; dieses Ergebnis kann in der Tat, wenn man damit wenigstens den Verlust von Brotsorten in dieser Hinsicht nach unseren Versuchen, z. B. für Koggenbrot, vergleicht, als recht günstig angesehen werden. Nach König<sup>2</sup> schwanken die Kartoffeln ungenau in der Zusammensetzung; auch wenn man ganz von dem wechselnden Gehalt der frischen Kartoffeln absieht, trifft auf 100 g Trockensubstanz

	Stärkefahbstanz	Rohfaser
im Minimum . . . . .	4.41 Prozent	0.87 Prozent
im Maximum . . . . .	14.64 „	10.39 „
während das Mittel ergibt . . . . .	7.94 „	3.91 „

Die Menge der Rohfaser der Kartoffelsorten schwankt also in enormem Grade. Daß die Rindenschicht mehr als doppelt so viel Rohfaser enthält, ist zum Teil wohl durch die Schalen erklärlich. Im allgemeinen ist man die Kartoffel nicht mit der Schale; dies gilt aber nicht für die Kriegsverhältnisse, da die den Brote zugesetzten Kartoffeltrockenpräparate ohne vorherige Schälung verarbeitet werden; bei den bisher bekannten Ausnützungsversuchen sind wohl niemals die Schalen mit verzehrt worden, geschieht dies aber; so wird dieses Verfahren wohl die Ergebnisse ändern können. Da in der Literatur über die Menge der Zellmembran im Verhältnis zur übrigen Masse der Kartoffeln sich keine Angaben finden, hat der eine von uns (R.) an Eßkartoffeln einen orientierenden Versuch angestellt.

In 100 Teilen frischer Kartoffel waren im ganzen . . . . .	1.98 g Zellmembran
Davon trafen auf den Abfall . . . . .	0.64 g „
und auf die gegessenen Teile . . . . .	1.34 g „

<sup>1</sup> A. u. O. S. 450.

<sup>2</sup> *Chemie der Nahrungs- und Genußmittel*, Bd. II, S. 892.

<sup>3</sup> König, a. u. O. S. 894.

Sind die Kartoffeln horkig, so werden die Differenzen noch größer sein. In Tierversuchen hat der eine von uns gefunden, daß die Schalen, ob- schon von anscheinend derselben Zusammensetzung wie die Zellmembranen der übrigen Kartoffel, von geringerer Verdaulichkeit sind.<sup>1</sup> Daraus folgt, daß Kartoffeln verschiedener Ernten in den einzelnen Jahren und auch je nach der Bodenart und Spezies sich bei der menschlichen Ernährung recht ungleich in der Verdaulichkeit verhalten dürften.

Die Kartoffeln gehören übrigens insofern zu den auch hinsichtlich der theoretischen Ernährungsfragen wichtigen Nahrungsmitteln, als der eine von uns bei diesen Nahrungsmitteln zuerst gefunden hat, daß sieh mit minimalen Eiweißmengen nicht nur ein N-Gleichgewicht, sondern auch noch N-Ansatz erzielen läßt, eine Tatsache, die damals noch allein- stehend, nicht gewürdigt worden ist. Auf diese Verhältnisse wird noch später einzugehen sein. Mit Bezug auf die Möglichkeit der Erhaltung eines N-Minimums kann nicht generell die „Kartoffel“ als Mittel zur Erreichung eines solchen angesehen werden, vielmehr kommt es ganz und gar auf den Reichtum einer Spezies an N-Substanz an, der, wie oben gezeigt, über das Dreifache schwanken kann.

Da sich eine ganze Reihe von Fragen hinsichtlich des Nährwertes der Kartoffel auf Grund der bisher vorliegenden Versuche nicht beantworten lassen, wurden neue Experimente aufgenommen.

Die neue Versuchsreihe, welche im November 1917 ausgeführt ist, dauerte 6 Tage; die Versuchsperson war ein kräftiger Laboratoriumsdiener von 75 Kilo Gewicht, von sehr gutem Muskelstand, der von der Front zurückgekehrt war und früher zu den Versuchen mit Mohrrüben und Wirsing gedient hatte. Er verzehrte die gekochten und entschälten Kartoffeln mit etwas Salz ohne weitere Zubereitung, im Tag im Durchschnitt je 2618 g. Das einzelne über den Verlauf des Versuches enthält die Tabelle S. 5.

Die Analysen der Einfuhr und Ausfuhr zeigen folgende Ergebnisse (s. die Tabelle S. 6):

Die Kartoffel hatte 25.84 Prozent Trockensubstanz; die tägliche Aufnahme von 2618 g konnte die Versuchsperson gut bewältigen. Jedenfalls war das Kalorienbedürfnis aber nicht ganz gedeckt, unter normalen Verhältnissen wäre eine kleine Zulage von Fett hierzu genügend gewesen. Der entleerte Kot war brüsig und bei etwa 15.57 Prozent Trockensubstanz im Durchschnitt. Das scheint also die Regel für die Kartoffelfütterung

1 32.0 g Trockensubst.	= 0.28 g Rohfaser	= 0.87 Proz. Rohfäs.	d. Trockensubst.
15.1 "	"	= 1.57 "	"
25.1 "	"	= 0.98 "	"
		= 3.91 "	"

Martens. Kartoffel, mit der Schale gekocht und gewogen. Nach Abzug des Schalen gewichts der Verzehr festgestell.

Datum	Versuchstag	Körper- gewicht kg	Nahrung	Harn		Kot		
				ccm	K g	Zeit	frisch g	trocken g
19. XI.	1.	78	833 + 925 + 933 = 2711 g + 10 g Salz	1900	9.70 7.74	9 <sup>h</sup> v. 1 d.	237	42
20. XI.	2.		868 + 922 + 858 = 2648 g + 2 g Salz	1000	7.95 7.82	10 v. 6 <sup>h</sup> 15 n.	60	7
21. XI.	3.		916 + 788 + 833 = 2537 g + 13 g Salz	1000	6.94 8.85	11 <sup>h</sup> v.	260	35
22. XI.	4.		805 + 832 + 830 = 2467 g + 10 g Salz	1120	7.63 7.67	10 <sup>h</sup> 30 v.	157	20
23. XI.	5.		878 + 907 + 903 = 2688 g + 10 g Salz	1260	8.54 8.48	10 <sup>h</sup> v.	110	20
24. XI.	6.		920 + 846 + 893 = 2659 g + 10 g Salz	1320	9.04 9.08	10 "	150	25
					8.72	10 "	295	43
			Sal. 15710 g im Tag 2618 g				117	22
							1451	226

zu sein, denn der eine von uns (K.) hatte früher<sup>1</sup> 14.5 Prozent Trocken- substanz gefunden und Constantinidi zwischen 14.4 und 16.2 Prozent Trockensubstanz.<sup>2</sup> Da sich der Kot bei drei verschiedenen Personen und ganz verschiedenen Mengen aufgenommenen Kartoffeln ganz gleich ver- hielt, hängt die Bildung weichen Kotes wohl mit diesen Nahrungsmitteln und seinen Umwandlungen im Darm zusammen.

Ein- und Ausfuhr in üblicher Weise einander gegenübergestellt, zeigt folgende Verluste:

Von der organischen Trockensubstanz	4.82 Prozent
Von den Kalorien	6.65 "
Von N . . . . .	27.94 "

Der Versuch reht sich also in die S. 2 gegebene Tabelle gut ein.

<sup>1</sup> Zeitschrift für Biologie. Bd. XV. S. 149.  
<sup>2</sup> A. a. O. S. 450.

In 100 g Kartoffeln	in 676.7 g
Asche . . . . .	4.25
Organisch . . . . .	95.75
N . . . . .	1.281 = 8.00 Rohpr.
Pentosan . . . . .	3.62
Zellmembran . . . . .	6.02
darin Zellulose . . . . .	2.79
" Pentosan . . . . .	0.71
Rest . . . . .	1.54
Fett . . . . .	0.15
Stärke . . . . .	81.58 <sup>2</sup>
Kalorien . . . . .	396.2
Kot in 100 Teilen	37.7 lufttr. = 36.51 g trocken
Asche . . . . .	14.43
Organisch . . . . .	85.57
N . . . . .	6.63
Pentosan . . . . .	3.79
Zellmembran . . . . .	8.89
darin Zellulose . . . . .	6.02
" Pentosan . . . . .	1.25
Rest . . . . .	1.62
Fett . . . . .	8.38
Stärke <sup>3</sup> . . . . .	8.05
Kalorien . . . . .	488.6

In 100 Zellmembran	Zellulose . . . . .	Pentosan . . . . .	Rest . . . . .
	46.41	14.05	41.70

	Kalorien in Kartoffeln im Tag	Proz. Verlust an Kal.	Proz. Verlust an N	Dauer Tage
Rubner 1877 . . . . .	3011	13.95	32.2	3
Rubner u. Thomas 1917	2681	6.65	27.9	6
Hindhede 1912 <sup>1</sup> . . . . .	2469	4.4	19.0	40
Rubner 1902 . . . . .	2294	4.0	—	3
" . . . . .	2076	5.6	15.4	3
Constantinidi . . . . .	1753	7.0	19.5	—

Die neuen Versuche sind, was die Kartoffelmenge anlangt, nicht viel geringer als die Versuche Rubners im Jahre 1877, lassen aber eine

<sup>1</sup> Von 100 Teilen N sind 18.48 Teile Amino-N.  
<sup>2</sup> Berechnet.  
<sup>3</sup> Direkt bestimmt.  
<sup>4</sup> Auf die Versuche Hindhedes wird in dem nachfolgenden Artikel näher eingegangen werden.

erheblich bessere Ausnützung nachweisen, weil hier speziell der Genuß gerösteter Kartoffeln vermieden wurde. Schwankungen in der Ausnützung sind zweifellos vorhanden, das bezeugt der Versuch Constantinidis, der etwa ebensoviel Prozent Verlust gibt wie unser Versuchsmann, obwohl schon die Nahrungsmengen sehr verschieden gewesen sind. Die beste Ausnützung ergab der Versuch Rubners 1902 mit 2294 Kartoffelkalorien pro Tag der Zufuhr. Die günstigste N-Ausnützung findet sich in einem Versuch Rubners mit 2076 Kalorien Zufuhr im Tag. Hindhedes 40tägige Reihe zeigt keine anderen Ergebnisse, als sie bei kürzeren Versuchen mit derselben Kartoffelmenge von anderer Seite erreicht worden sind.

Die Ursachen für die nachgewiesenen Schwankungen der Ausnützung lassen sich nicht mit Bestimmtheit angeben, es können individuelle Gründe vorliegen oder die Kartoffeln in ihrer Beschaffenheit verschieden gewesen sein, z. B. im Zellmembrangehalt. In Hinsicht auf letztere ist ja unser Versuch der erste, welcher diesen wichtigen Umstand einer näheren Analyse unterzogen hat.

Der Verlust an N mit dem Kot zeigt ein Minimum bei einem Versuch Rubners aus dem Jahre 1902 mit 15.4 Prozent, alle anderen Werte sind zum Teil erheblich größer; der neue Versuch ergibt trotz der sonst günstigen Ausnützung einen hohen Verlust an N, der nur um weniges hinter den Versuchen Rubners vom Jahre 1877 zurücksteht. Der Ursache für den Wechsel der N-Ausscheidung wird weiter unten näherzutreten sein.

Als Gesamtmittel der als Brei oder Pellkartoffeln aufgenommenen Nahrung wird man rund 5.53 Prozent Kalorienverlust und 20.4 Prozent N-Verlust annehmen dürfen.

Bemerkenswert ist im Kot die große Masse der in Äther löslichen Stoffe, auf deren Vorkommen der eine von uns bereits früher hingewiesen hat.<sup>1</sup> Die Kartoffel hatte bei 8.2 Prozent Rohproteinen der Trockensubstanz gerade den mittleren Gehalt, wie er aus großen Analysenreihen von anderer Seite gefunden worden ist. Wichtig für die Beurteilung der Kartoffel als Nahrungsmittel ist das Verhalten der Zellmembran.

Von 100 Teilen Zellmembran werden verloren:	
Zellmembran . . . . .	7.94
Von der Zellulose . . . . .	11.65
Pentosan der Zellmembran . . . . .	9.59
Von der Restsubstanz . . . . .	3.28

<sup>1</sup> Zeitschrift für Biologie. Bd. XLII. S. 275.

Die Zellmembran der Kartoffel gehört also zu dem sehr leicht und weitgehendst verdaulichen Material, wie es z. B. auch bei den Blattgemüsen und Mohrrüben der Fall ist. Die Kohlrüben sind in dieser Hinsicht weit weniger günstig gestellt. Diese Verdaulichkeit der Zellmembran der Kartoffel ist für dieses Massennahrungsmittel von hoher Bedeutung; sie erlaubt eine Ernährung, die den Darm sehr wenig belastet und dem Kot auch die weiche Beschaffenheit läßt. Letzterer enthielt nur 8.8 Prozent Zellmembran der Trockensubstanz.

Alle Bestandteile der Zellmembran sind gleichmäßig gut aufgelöst worden. Die Pentosane im ganzen werden weitgehend resorbiert, wozu natürlich auch die Auflösung der Zellmembran mit beiträgt.

Man darf vermuten, daß hinsichtlich der Verdaulichkeit der Zellmembran individuelle Verschiedenheiten vorkommen, da man solche auch bei anderen Nahrungsmitteln sieht. Es ist wahrscheinlich, daß bei dem Experiment Constanthinidis solch ein Einfluß eine Rolle gespielt hat, da er den Verlust an Zellulose zu 21.1 Prozent angibt, also doppelt so hoch, als er bei unserer Versuchsperson gewesen ist. Von der Stärke kann man sonst leicht feststellen, daß die von der Kartoffel stammende weniger gut resorbiert wird wie z. B. Weizenstärke; dieser Versuch zeigt aber eine Stärkeaflösung, die nicht gut noch übertriften werden kann, denn der Verlust war nur 0.53 Prozent, bei einer Gesamtresorption von 55.2 g Stärke ein gewiß sehr gutes Resultat. Constanthinidi hat 0.74 Prozent Stärkeverlust angegeben, also etwas mehr wie unser Ergebnis.

Die Zellmembran dieser Kartoffel zeigt einen gewissen Unterschied gegenüber einer 1915 analysierten Kartoffelsorte. Es wurden von dieser Ernte 1917 auch die Kartoffelschalen nochmals untersucht, denn mügen noch die Analysen der Zellmembran der Kartoffelpilupe nach Rubner beigefügt werden.

In 100 Teilen Zellmembran sind:

	Kartoffel		Kartoffelschale		Kartoffel- pilupe
	1915	1917	1915	1917	
Zellulose	40.72	46.41	51.84	59.53	45.82
Pentosan	5.55	11.89	8.55	10.94	14.80
Rest	53.70	41.70	39.58	35.53	39.88

Die Zellmembran 1915 hatte viel weniger Pentosan als die Kartoffel dieses Jahres, während in den Schalen kein besonderer Unterschied zu finden ist. Den höchsten Pentosangehalt zeigte eine Pflanze vom Frühjahr

1917. Vorläufig lassen sich weitere Schlüsse nicht ziehen, vielleicht ergeben sich hier Zusammenhänge mit der untersuchten Spielart der Kartoffeln oder mit den Verschiedenheiten der Ernte.

Da die Gesamtnutzung keinen näheren Einblick in die bei der Ausnutzung tätigen Umwandlungen gibt, soll die Trennung in Unverdautes und in Stoffwechselprodukte noch besonders vorgenommen werden. Was die Verdaulichkeit des N anlangt, so gibt nachstehende Tabelle darüber Auskunft.

Person	auf 100 Tle. Kot Protein	Kot pro Tag	Prot. pro Tag	= N	N im Kot pro Tag	N aus Stoffwechsel	N in Zufuhr	% Ver- lust an Prot.	% N im Stoff- wech- sel	Stoff- wech- sel N zu Zufuhr
M.	16.31	36.5	5.19	0.894	2.42	1.53	8.66	10.28	63.22	17.66

Im Kot ist eine nicht unbeträchtliche Menge von Protein vorhanden, das zum Teil an dem Rest der unverdauten Zellmembran hängt; diese ist locker und wohl geeignet, noch etwas Substanz einzuschließen. Der Verlust an Protein beträgt 10.28 Prozent, was mit Rücksicht auf diesen Umstand, daß der N der Zufuhr in seiner großen Masse ja gar kein Eiweiß ist, wohl zu beachten ist. Recht erheblich ist die Menge der N-haltigen Stoffwechselprodukte. Hierin ist die Kartoffel absolut nicht etwa mit feinen Mehlen zu vergleichen. Sie büdet also sicher dem Darm eine nicht zu vernachlässigende Arbeit auf. Vom entwerteten N sind 63.22 Prozent Stoffwechselprodukte.

Die in Kalorien ausgedrückte Menge der Stoffwechselprodukte und das Unresorbierte ist aus folgender Tabelle zu ersehen.

Verlust an Kalorien.

Person	Stärke	Zellmemb. <sup>1</sup>	Pen- tosen	Prot. <sup>2</sup>	Summe	Kal.	Kal.	Verz.	vom Verzehrten entstehen Stoff- wechselprodukte	von 100 Kal. im Kot treffen auf Stoffwechselprod.	vom Verzehrten entsteh. Unverdauliches
						in Kot	im Kot	im Kal.			
M.	12.29	13.20	3.59	32.86	61.85	178.3	116.5	2681.0	4.35	63.34	2.802

Die Menge aller Stoffwechselprodukte zusammengekommen ist also nicht groß, viel geringer als z. B. bei den Mohrrüben oder dem Wirsing.

<sup>1</sup> 1 g organ. = 4.1 Kal.  
<sup>2</sup> 1 g = 5.88 kg-Kal pro Tag = 5.59 g Prot. in Zellmembran.

den Kohlrüben, dem Obst. Es ist aber bemerkenswert, daß bei dieser geringen Gesamtausscheidung von Stoffwechselprodukten, die N-Ausscheidung, wie oben bemerkt, eine erhebliche Änderung zeigt. Das eigentliche Urverdaute macht bei der Kartoffel nur 2.3 Prozent der Zufuhr aus, und daran sind die Zellmembranen wesentlich beteiligt. Etwa zwei Drittel der Ausscheidung bestehen aus Stoffwechsellrückständen, eine Zahl, die bisher schon bei vielen Nahrungsmitteln erhalten worden ist.

Bei der großen Bedeutung, welche Brot und Kartoffel in der Ernährung einnehmen, wird noch ein Vergleich zwischen beiden einiges Interesse besitzen. Über die Mischungsmengen, welche allenfalls genossen werden, können wir aus solchen fiegenden näheres erfahren, in denen die sogenannte Kartoffelkost verzehrt wird, wie im sächsischen Erzgebirge oder in Oberschlesien. Diese Kost besteht nie zum größeren Teil aus Kartoffeln, sondern etwa zu 55 Prozent aus Brot und zu 35 Prozent aus Kartoffeln, wie Rechenberg festgestellt hat. Die Kartoffel drängt sich nur mehr auf, weil sie die einzige warme Speise zu sein pflegt, die eingenommen wird.

Frühere Versuche<sup>1</sup> erlauben einen interessanten Vergleich zwischen Brot- und Kartoffelverdaulichkeit, unter ihnen befinden sich drei Reihen von je 6 Tagen, einer mit Roggenbrot von 5.6 Prozent Zellmembran und einer mit Weizenbrot mit 5.66 Prozent Zellmembran, was nahezu mit der Kartoffel übereinstimmt.

Die Zusammensetzung war folgende:

	Roggenbrot 72proz. Ausmahlung	Kartoffel	Weizenbrot 80proz. Ausmahlung
Asehe . . . . .	2.39	4.25	1.56
Organisch . . . . .	97.61	95.75	98.94
Pentosan . . . . .	6.72	3.62	6.91
N . . . . .	1.28 = 5.0 Prot.	1.28 = 8.0 Prot.	2.36 = 14.75 Prot.
Zellmembran . . . . .	5.61	6.02	5.66
darin Zellulose . . . . .	1.93	2.79	1.64
„ Pentosan . . . . .	1.89	0.71	2.68
„ Stärke . . . . .	77.67	81.58	71.36
Kalorien . . . . .	412.1	396.2	428.6

Die Zusammensetzung ist also außerordentlich übereinstimmend und doch in bestimmten Punkten bemerkenswert verschieden: von der Asehe abgesehen, fällt der ungleiche Pentosengehalt auf, der zum Teil aber nicht ganz auf die Verschiedenheit der Pentosmengen in der Zellmembran

<sup>1</sup> S. dies Archiv. 1916. Physiol. Abtfg. S. 89 u. S. 193.

begründet ist. Grundsätzlich verschieden ist die Zellmembran aufgebaut, das Brot enthält weit weniger Zellulose in der Zellmembran als die Kartoffel. Ein in der Analyse nicht ausgedrückter Unterschied würde auch das „Protein“ betreffen, weil die Kartoffel weit weniger wirkliches Eiweiß enthält als das Brot.

Brot- und Kartoffelkost sind wesentlich verschieden, weil die Resorbierbarkeit der Zellmembran eine sehr ungleiche ist. Bei Brot macht die Zellmembran 26 bis 30 Prozent des Kotes aus, bei Kartoffel nur 8.7 Prozent; die Resorbierbarkeit ist äußerst ungleich.

Verlust bei Roggenbrot	Kartoffel	bei Weizenbrot
Zellmembran . . . . .	7.94	53.04
Zellulose . . . . .	11.6	97.58
Pentosan . . . . .	53.1	38.73

Die Kartoffelzellmembran ist äußerst leicht auflöslich, jene des Brotes aber ziemlich schwer. Das Stärkenftl wird aus Roggenbrot mit 1.7 Prozent, bei Weizenbrot mit 0.81 Prozent, bei Kartoffel mit 0.53 Prozent Verlust ausgenutzt.

Vom Protein ist wegen der Eigenart der Zellmembran

bei Roggen . . . . .	23.40 Prozent
„ Weizen . . . . .	11.90 „
„ Kartoffel . . . . .	10.28 „

bedingt durch den Einsehluß von Klebereiweiß in den schwerverdaulichen Zellen des Getreides, zu Verlust gegangen.

Vom Stoffwechsel-N

bei Roggen . . . . .	15.40 Prozent
„ Weizen . . . . .	10.23 „
„ Kartoffel . . . . .	17.66 „

der Einfuhr.

Die Stoffwechselprodukte (Kalorien) machen

	der Gesamtkalorien	Verlust
bei Roggen . . . . .	7.70 Prozent	11.70 Prozent
„ Weizen . . . . .	7.30 „	11.12 „
„ Kartoffel . . . . .	4.35 „	6.65 „

der aufgenommenen Kalorien aus.

Man kann keinen treffenderen Vergleich für die Bedeutung biologisch verschiedener Zellmembranen finden wie den eben gegebenen. Nicht so zugunsten der Kartoffel fällt natürlich die Betrachtung aus, wenn man sie mit kleinstem Mehl vergleicht, da bei diesem die Gesamtnutzung

überhaupt auf 4 Prozent der Kalorien und weniger fallen kann, ein Wert, der (vgl. die Zusammenstellung S. 6) nur einmal bei Kartoffel beobachtet worden ist.

Es ist bemerkenswert, daß Kartoffeln, zu Mehl von 82 Prozent hinzuzubacken, die Verdaulichkeit des Gemisches nicht erhöhen, wie man erwarten sollte, sondern um mehrere Prozent herabsetzen<sup>1</sup>, wie sich aus Versuchsreihen bei zwei Männern hat nachweisen lassen. Verbäckeren wird Kartoffel scheint also die Resorption zu benachteiligen; nachweislich wird auch die Resorption des Protein-N bei Kartoffelzusatz zu Brot ver schlechert und die Stoffwechselprodukte im ganzen vermehrt.

Weiteres Interesse besitzt noch die Untersuchung des Harnes und der N-Ausscheidung. Nachstehend sind die analytischen Ergebnisse angeführt.

## Kartoffelversuch Martens.

Tag	Harn N	von Harnstickstoff sind		v. Harn N abgezogen	Kot N	Gesamt N	N-Aufnahme	Bilanz	
		Amino N	Ammon N						Summe
1.	9.72	0.11	0.25	0.36	9.36	2.42	11.84	8.99	- 2.90
2.	7.75	0.09	0.08	0.17	7.58	10.17	10.17	8.74	- 1.44
3.	6.95	0.09	0.18	0.27	6.77	9.37	10.16	8.37	- 1.00
4.	7.74	0.13	0.09	0.22	7.52	10.16	10.16	8.36	- 1.80
5.	8.43	0.14	0.11	0.25	8.18	10.85	11.36	8.87	- 1.98
6.	8.94	0.14	0.12	0.26	8.68	11.36	11.36	8.77	- 2.56
		0.72	0.123			Mittel:	10.62	8.67	

In der Ernährung waren 8.66 g Gesamt-N, wovon 1.60 g Amino-N nach Sörensen, 1.58 g Amino-N nach van Slyke, also gute Übereinstimmung, und 0.32 g  $\text{NH}_3\text{-N}$  = 1.92 g N oder 22.2 Prozent derjenige N-Anteil der Kartoffel, der in den wasserlöslichen „Amidsubstanzen“ vorliegt, wird beträchtlich höher gefunden und im Durchschnitt mit 37 Prozent des Gesamt-N angegeben; das ist auch natürlich, weil Sörensen sowohl wie van Slyke nur die primären  $\text{NH}_2$ -Gruppen bestimmen. Bei 37 Prozent Amid-N wäre die tägliche Eiweißzufuhr mit 5.46 g N zu berechnen. Ihr steht ein Proteinverlust im Kot von 0.894 g N gegenüber; das wären 16.3 Prozent; der Verlust an Eiweiß ist also erheblich.

Der Harn wurde näher auf seine Verbrennungswärme geprüft, am 19., 22. und 24. November 1917, während der kalorische Quotient sich nach den Untersuchungen des einen von uns<sup>2</sup> sich je nach der Ernährung

<sup>1</sup> Siehe *das Archiv*, 1916, Physiol. Abtlg. S. 188.

<sup>2</sup> Siehe Rubner, *Zeitschrift f. Biologie*, Bd. XXI, S. 329 und *ebenda*, Bd. III, S. 273.

ändert, und beim Hund zwischen den Werten des Harnstickstoffs und des Hungerharns als den zwei Extremen schwankt, haben sich bei dem Menschen für den Quotienten N/Kal. Werte zwischen 7 und 8 Kalorien ergeben, doch sind für den Säugling (Rubner) Werte von 12.1 und von Tangel auch beim Erwachsenen hohe Werte gefunden worden<sup>1</sup>, die bei Kohlehydratfütterung bis 11.5 bis 11.9 Kalorien betragen. Bei unserer Versuchsperson ergaben sich folgende Quotienten:

19. XI.	9.04
22. XI.	11.92
24. XI.	10.09

Es muß sich also um die Ausscheidung C-reicher Substanzen handeln. Der eine von uns hat vor vielen Jahren den Harn nach Kartoffelernährung auf Zucker untersucht<sup>2</sup> und 0.036 Prozent Zucker im Harn nachgewiesen. Im ganzen pro Tag nur 0.67 g Zucker, welche eine nennenswerte Ver schleuerung der Werte des Quotienten nicht herbeiführen können. Im vorliegenden Falle kann es sich nicht um Zuckerausscheidung handeln; auch der Umstand, daß der Mann nicht ganz im N-Gleichgewicht, also Hungerharn nebenbei zur Ausscheidung kam, erklärt den hohen Quotienten nicht. Jedenfalls stieg der letztere erst nach dem ersten Versuchstage an.

Die Versuchsperson von 78 Kilo kann mit der Kartoffelernährung nicht in ein N-Gleichgewicht, obschon sie vorher mit der Kriegeration und jedenfalls nur mit mäßigen Zusehüssen lebte, wahrscheinlich auch schon N vom Körper eingeblüht hatte. Das was man sonst bei Kartoffelkost so leicht beobachten kann, ein rapides Sinken der N-Ausscheidung, selbst wenn vorher ein hoher N-Umsatz vorhanden war, das trat hier nicht ein; auch während der 6 Tage sinkt der N-Verbrauch nicht ab, sondern es wird jeden Tag N vom Körper abgegeben. Im Durchschnitt braucht der Mann 10.62 g N pro Tag (Harn und Kot) = 1.36 g N pro Kilo und nur für den Harn gerechnet 8.20/78 = 0.105 g N pro Kilo, d. h. 0.85 bzw. 0.656 g Protein, pro 70 Kilo gerechnet 59.5 g bzw. 43.92 g. Richtiger gerechnet, würde zum Harn mindestens noch der Stoffwechsel-N = 1.53 g hinzuzurechnen werden, außerdem ist zu bedenken, daß täglich noch 1.95 g N vom Körper zu Verlust gingen und der Kartoffel-N nur etwa 80 Prozent Verfügbare besitzt. Man müßte daher für ein Gleichgewicht noch 0.45 g N außerdem beifügen, so daß folgendes das wahrscheinlichste Ergebnis ist:

<sup>1</sup> *Dies Archiv*, 1899, Physiol. Abtlg. S. 261.

<sup>2</sup> *Zeitschrift f. Biologie*, Bd. XLII, S. 276.

N im Harn . . . . .	8.20
Stoffwechsel-N im Kot . . . . .	1.53
Für die biologische Wertigkeit weiterer Zusaß	0.45
	10.18 g N
	= 63.62 g Eiweiß

pro Kilo 0.816 g Protein = 57.12 g Rohprotein in der Nahrung (verdaulich). Der Eiweißumsatz ist also durchaus für das Minimum nicht gering. Aus mancher anderen Beobachtung an dieser Versuchsperson, d. h. der hohen N-Ausscheidung z. B. bei ungenügender Kalorienzufuhr, läßt sich entnehmen, daß die Versuchsperson immer noch einen recht guten Ernährungszustand ihrer Zellen besaß. Es war überhaupt die kräftigste Person, die in den drei Versuchsjahren zu Gebote stand, um hätte also um ein Erhebliches mehr an Kartoffeln genießen müssen, um ins Gleichgewicht zu kommen. Die normale Kalorienmenge wäre aber kaum nennenswert dabei überschritten worden, so daß für diesen kräftigen Mann, vorausgesetzt daß er auf die Dauer eine solche Nahrung ertrag, die Möglichkeit der Vollernährung zugegeben werden kann; für stärkere Arbeitsleistung wäre aber die Kartoffelernährung allein viel zu unzureichend geworden. Die Versuchsperson hätte in jeder Beziehung leichter ausgereicht, wenn sie vorher einen Teil des Organischen eingibt, den Fettestand aber zunächst erhalten hätte, denn dann wäre vermutlich ihre Abnutzungsquote, d. h. das N-Minimum, relativ kleiner geworden.

Im Zusammenhang hiermit mag noch auf die älteren Versuche über Kartoffelernährung eingegangen sein. Bei den Experimenten im Jahre 1877 wurde nach vorhergehender reichlicher Ernährung folgendes beobachtet:

Einnahme	Harn N	Harnsäure im Harn	Kot N	Gesamt N	Bilanz
11.45	12.8	0.61	3.69	16.49	- 5.04
11.45	7.6	0.51	3.69	11.29	- 0.16
11.45	6.0	0.55	3.69	9.69	+ 1.76

Dieser Befund, der so ganz aus dem Rahmen der damals geltenden Anschauungen heransief und ganz allein stand, hat lange Zeit keine Beachtung gefunden, bis der eine von uns später seine Bedeutung für die Frage der biologischen Wertigkeit in Anspruch nahm und zu gleicher Zeit auf die Bedeutung für ein N-Minimum hinwies.

Der von Constantinidi ausgeführte Versuch (1887) gab dasselbe Resultat für einen Mann von 74 Kilo.

Einnahme	Harn N	Kot N	Gesamt N	Bilanz
7.17	10.62	1.40	12.02	- 4.85
7.17	7.5	1.40	8.90	- 1.73
7.17	6.3	1.40	7.70	- 0.53

Die beiden Untersuchungen stimmen, obschon an zwei verschiedenen Personen angestellt, ganz auffallend überein, was nicht beachtet worden ist und Constantinidi selbst nicht bewußt geworden ist, weil er nur mit den Mittelzahlen dreier Tage operierte und zu dem Schluß kam, seine Person habe eben durchschnittlich N verloren. Das ist ja richtig, im Zusammenhalt mit Krüners Versuchen mußte aber der gleichartige Abfall der Ausscheidung auffallen und bei 11.45 g N setzte seine Person bereits 1.76 g N im Tag an; bei Constantinidi hätte sie etwa 7.70 g N Zufuhr notwendig gehabt, um ins Gleichgewicht zu kommen, wozu für den Ersatz von 0.53 g N vom Körper durch Kartoffel-N noch 0.13 g N kämen. In gleicher Weise für den Stoffwechsel-N berechnet (1.5 g), verbrauchten die beiden Personen bei 70 Kilo (5.0 + 1.50) 7.5 g N = 0.107 g pro Kilo = 0.669 g Protein = 46.83 g pro 70 Kilo, bei 74 Kilo (5.3 + 1.50 + 0.13) 7.93 g N = 0.107 g pro Kilo = 0.669 g Protein = 46.83 g.

Während diese Werte sehr eingehend, wohl durch Zufall, übereinstimmen, unterscheidet sich die neue Versuchsperson nicht unwesentlich. Es wird sich aber dabei um verschiedene Ernährungsstände handeln.

# 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  
K  
1918

## Inhalt.

	Seite
Max Rubner und Karl Thomas, Die Ernährung mit Kartoffeln . . . . .	1
Max Rubner, Hindhebes 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 Größeneindruck an gleichen aber verschieden gerichteten Strecken . . . . .	242

