

Der wirkliche N-Umsatz ist demnach bei den Vegetabilien stets größer als der Umsatz von Harn und Kot bei den Animalien. Der Zuschlag, welcher für die N-Stoffwechselprodukte gemacht werden muß, ändert sich mit der Art der Nahrungsmittel und kann in manchen Fällen den im Harn ausgeschiedenen N-Anteil sogar noch übertreffen. Für die Feststellung des Eiweißverbrauches bei kleinen N-Mengen in der Nahrung ist der Stoffwechselanteil nicht zu vernachlässigen.

Die Größe des N-Verbrauches bei einigen vegetabilischen Nahrungsmitteln.

Von

Geheimrat Prof. Max Rubner.

Gelegentlich der zahlreichen Versuche über die Verdaulichkeit verschiedener Nahrungsmittel habe ich auch die Ausscheidungen des N im Harn und auf diese Weise umfangreiche Beobachtungen über den N-Umsatz bei verschiedener Nahrung gemacht, die bisher nicht näher besprochen worden sind und deshalb im nachfolgenden einer zusammenfassenden Betrachtung unterworfen werden sollen.

Zwar lege ich den Schwerpunkt an dieser Stelle auf die Lösung der theoretisch wichtigen Fragen im Hinblick auf die Stoffwechsellehre, doch soll ein Hinweis auf die praktische Verwertung der Ergebnisse nicht unterlassen werden. Wenn man die einzelnen Nahrungsmittel sich näher betrachtet, wird man finden, daß ich alle Gruppen der vegetabilischen Nahrungsmittel, wenigstens in einzelnen Beispielen, der Untersuchung unterzogen habe. Aus ihnen allein ist aber die wesentliche Quelle der Nahrung für das Volk während der letzten zwei Jahre geflossen, wenigstens für die städtische Bevölkerung. Die Ergebnisse vermitteln uns ein Verständnis der Wirkungen einer solchen Kost auf den Körperzustand, oder richtiger gesagt, weil wir uns nur mit den durch die Kriegskost geschädigten Personen befassen konnten, zeigen sie, wie sich auch für solche die Ernährungswirkungen gestalten müssen. Ich komme nach der Erledigung der theoretischen Fragen auf diese praktischen zurück.

Die rein theoretischen Untersuchungen über den Stoffwechsel bei kohlehydrathaltiger Kost, die im vorstehenden auseinandergesetzt worden sind, geben erst die grundlegenden Voraussetzungen zu einer kritischen Behandlung des N-Umsatzes, der an sich nicht immer eindeutig ist, aber unter den entsprechenden, jetzt gegebenen Voraussetzungen einer Diskussion unterzogen werden kann.

Im Gebrauch der Vegetabilien zur Nahrung liegen viel mehr Schwierigkeiten als bei sonstigen Stoffwechselversuchen, die man sachgemäß so einzurichten pflegt, daß über die Deutung der Ergebnisse kein Zweifel möglich bleibt. Fleisch und Stärke, Fleisch und Zucker — die üblichen Gemische der Kohlehydrate bei unseren Versuchsieren — sind klar in der Deutung des Umsatzes, einfach in der Bestimmung desselben. Bei den Vegetabilien aber haben wir statt des artgleichen Eiweißes fremde Eiweißstoffe, dazu sehr erhebliche Anteile von Amiden; die Ausscheidungen bestehen nicht nur aus Stoffwechselprodukten, sondern auch aus Unverdaulichem, und hinsichtlich großer Anteile der Kohlehydrate treten zu den klar unversetzten Stärkenmehl, Pentosen und Zuckern vor allem die Zellmembranen, und dann auch wieder andere Körper, wie Erbsensäuren und dergleichen mehr. Aus alledem folgt mit Notwendigkeit eine besondere Betrachtung dieser Verhältnisse; es läßt sich ja nicht voraussehen, wie namentlich auch die Extraktivstoffe oder Sekrete, von denen ich in einer früheren Abhandlung sprach, etwa in den Eiweißumsatz mit hineinspielen.

In einer vorhergehenden Arbeit wurde auseinandergesetzt, daß man bei dem N-Umsatz zwei verschiedene Größen in Betracht ziehen kann: einmal den Gesamt-N-Umsatz, der auch den Verlust des N mit dem Unverdaulichem einschließt, und dann den N-Umsatz, abzüglich des Unverdaulichem, d. h. die Summe von Harn-N + Stoffwechsel-N des Darms. Dagegen hat die Betrachtung der N-Ausscheidung im Harn allgemein keine besondere Bedeutung, wem schon vielfach diese Werte bisher im Gebrauch gewesen sind.

Die Gesamt-N-Ausscheidung kommt für die praktische Ernährung in Betracht, der N-Umsatz — abzüglich des Unverdaulichem — läßt die Größe des Eiweißverbrauches erkennen. Von den Bedingungen, welche auf den Eiweißverbrauch eine Rückwirkung haben, kann einer, nämlich der vorhergehenden eiweißreichen Nahrung, eine Bedeutung für die folgenden Betrachtungen nicht zugemessen werden. Fälle dieser Art waren unter den Bedingungen der Zeit ausgeschlossen.

Umgekehrt aber können wir voraussetzen, daß die Versuchspersonen zum Teil recht eiweißarm waren, wobei relativ innerhin auch ein verminderter Fettgehalt noch eine Bedeutung erhalten mochte. Für den Fall eines Vergleiches der Ergebnisse mit anderen Arten bedarf es noch des Hinweises auf die Bedeutung, welche der Fettreichtum haben kann. Man findet speziell bei vielen Experimentatoren, denen nicht bewußt war, daß man die Eiweißersetzung nicht ohne alle Rücksicht auf die allgemeine Ernährung betrachten darf, eine oft abnormale Kost an Fett

und Kohlehydraten, die zu einem langdauernden Fettsatz Veranlassung geben mußte. Reichliches Fettpolster verschiebt für alle Fragen des Eiweißminimums die Verhältnisse völlig, fettreiche Personen haben natürlich überhaupt weniger Zellweiß im Einheitsgewicht und brauchen, auf dieses bezogen weniger Eiweiß auch für die Herstellung eines Minimums und damit auch für alle sonstigen Fälle der Ernährung.

Die nahegelegende Frage, inwieweit man mit diesem und jenem Nahrungsmittel seinen Bedarf decken kann, und wieviel dabei eingesetzt wird, klingt einfach, hat aber, wenn sie mehr als einen Zufallswert geben soll, verschiedene Voraussetzungen zu ihrer Erledigung notwendig. Zunächst kann sie vom praktischen Standpunkt aus angegriffen werden mit dem Ziel, festzustellen, ob ein Nahrungsmittel überhaupt und innerhalb der günstigsten Resorptionsgrenzen in der Lage ist, so viel Eiweiß zu beschaffen, als zur Deckung des Bedarfes notwendig ist.

Schon in dieser Formulierung haben wir einen schwankenden Faktor: den „Bedarf“; er müßte in jedem Fall etwa eigens festgestellt werden. Der Bedarf ist aber mit Bezug auf Eiweiß keine konstante Größe, auch nicht für das Minimum, weil dieses wächst und sinkt mit dem Eiweißreichtum der Zelle und mit dem Verhältnisse von Eiweiß und Fett im Körper, also von zwei Variablen abhängig ist. Wie schon erwähnt, wechselt gerade das Fett beim Menschen ungemein und nimmt gelegentlich so an Reichtum zu, daß es nicht nur die Eiweißumsetzung, wie wir sie im Hunger kennen, auf das niederste Maß bringt, sondern darüber hinaus als „Masse“ zur relativen Eiweißverzehrung führt. Unter diesen Umständen hat das Menschensexperiment weniger die Möglichkeit, allgemein verbindliche als vielmehr relative Werte unter Vergleich zweier oder mehrerer Arten von Nahrungsmitteln an demselben Objekte festzustellen.

Der Eiweißverbrauch bei Ernährung mit Zerealien.

Als Zerealien kommen für uns jetzt Roggen und Weizen und Gerste im allgemeinen in Betracht, mit Rücksicht auf die Kriegsernährung jetzt von besonderer Wichtigkeit. Im allgemeinen ist bemerkenswert, aber keineswegs gebührend gewürdigt, daß das Roggenbrot durchschnittlich keineswegs eiweißreich ist; was ich an solchen Broten während der ganzen Dauer des Krieges erhielt, war entschieden eiweißarm, auch wenn es sich um weit ausgemahlene Mehlarten handelte. Für die letzteren erhält man etwa 9-7 Prozent Eiweißkalorien, für die um 80 Prozent Ausmahlung an 8-4 Prozent und für 65 Prozent nur mehr 6-4 Prozent

Eiweißkalorien; das Verdauliche sinkt aber von 8.5 Prozent bis herunter auf 6.1 Prozent für die 65prozentige Ausmahlung; indes man doch auch bei der Kartoffel auf etwa 8.3 Prozent Eiweißkalorien im Durchschnitt rechnen kann, oder mit Abzug der Proteinverluste bei der Verdauung bis etwa 7.4 Prozent. Die durchschnittliche Eiweißzufuhr der Roggenbrotarten ist, worauf man bisher nicht geachtet hat, erstaunlich gering, ein Gesichtspunkt, der, wie ich allerdings schon früher einmal betont habe, für die Wahl der Feldfrüchte nicht ohne Bedeutung ist. Nur ist freilich noch zu beachten, daß der Amidgehalt der Kartoffel oft recht reichlich ist; man könnte da aber durch Kultur anderer Kartoffelsorten mit höherem Proteingehalt unbedingt abhelfen. Dies schicke ich voraus, weil es sonst auffällig sein muß, daß bei ausschließlichen Brotgenuß so häufig die Bilanz des N negativ gefunden wurde, nur ausnahmsweise positiv. Man kommt nur bei sehr fettreichen Personen oder bei starker Ernteiweißung mit Brot ins Gleichgewicht. Eine physiologisch genau befriedigende Bilanz — das gilt allgemein — läßt sich bei der Umständlichkeit der Bestimmung des N im Schweiß nicht ausführen. Versuche dieser Art in dem Umfange, wie sie für das Nachfolgende nötig wären, sind unansführbar gewesen. Aber deshalb darf man diese Fehlerquelle nicht vernachlässigen, zumal sie sicher kompensatorisch auf den Harn-N zurückwirkt und bei den kleinen N-Zahlen der Ausscheidungen sehr von Belang werden kann. Ich muß sie einfach als individuelle Schwankungen der N-Ausscheidung mit in den Kauf nehmen. Die negative Bilanz ist dann, wenn sie erheblich ist, für die weitere Betrachtung der Resultate nur in dem Sinne zu bewerten, daß bei ungleicher Wertigkeit der Proteine der Eiweißverbrauch und -bedarf zu klein bemessen wird. Die positive Bilanz läßt den Verbrauch zu groß erscheinen, weil mit dem Ansatz auch eine Steigerung des Umsatzes verbunden ist. Unter den im nachstehenden gegebenen Voraussetzungen eines schlechten Eiweißbestandes im Körper kann man nach meinen in dieser Zeitschrift (S. 54) gegebenen Befunden die Erklärung des Umsatzes aus dem Ansatz ableiten und so einen Korrekturwert finden, der dann den eigentlichen Umsatz durch Rechnung wenigstens genähert und sicherer finden läßt als die negative Bilanz. Mit Bezug auf die Beurteilung der Ergebnisse muß ich auf das schon mehrfach früher hervorhebene Verhalten der Individualität hinweisen. Zweifellos wird sich die „Individualität“ anklären lassen, wir müssen aber damit doch rechnen, daß sich vorläufig einzelne Personen, die mit anderen gleichartig erscheinen, z. B. auch im Eiweißverbrauch erhöhte Anforderungen stellen. Ich gehe zunächst auf die Versuche mit Roggenbrot ein; das Material findet sich in Tab. I des Anhanges. Aus den Einzelwerten lassen sich die Wochen-

DIE GRÖSSE DES N-VERBRAUCHES BEI VEGETABIL. NÄHRUNGSMITTELN. 85
mittel ableiten. Wie man sieht, sind fast ausnahmslos negative Bilanzen vorhanden.

Brot aus Roggenmehl und Roggenmehl mit Kartoffel.
Wochenmittel pro Tag.

Person	Ausmahlung	N aufgenommen	N im Harn	N im Kot	Gesamt-N-Ausscheidung	Bilanz	Stoffw.-N	Harn-N + Stoffw.-N	Verdaute N-Menge
O.	Vollkorn . . .	13.15	6.75	4.95	11.70	+1.45	1.46	8.21	9.66
	82% . . .	11.15	6.56	4.80	11.35	+0.20	2.35	8.95	8.70
	80% . . .	11.03	5.76	4.36	10.12	+0.91	2.00	8.67	8.67
	82% + Kart.	9.38	6.19	4.36	10.55	-1.19	1.86	8.05	6.88
	65% + Kart.	8.18	5.88	3.25	9.13	-0.95	1.81	7.69	6.74
	65% + Kart.	6.97	5.66	3.25	8.91	-1.94	1.58	7.24	5.80
Sch.	83% . . .	10.73	8.40	4.00	10.40	+0.33	1.62	8.02	8.35
	Vollkorn . . .	10.14	5.67	3.44	9.11	+1.03	0.89	7.69	7.69
	82% + Kart.	9.25	5.87	4.60	9.97	-0.43	2.05	7.82	6.70
	80% . . .	8.24	5.58	3.80	8.80	-0.64	1.20	6.75	6.14
	65% . . .	6.93	5.40	2.47	7.87	-0.94	1.17	6.57	5.63
	65% + Kart.	6.60	5.14	2.80	7.76	-1.16	1.28	6.42	5.08

Roggenbrot (Mehl verschiedener Ausmahlung).

Person	Körpergewicht kg	Gesamt-N-Ausscheidung	N pro kg	Prot. pro kg	Harn-N + Stoffw.-N	pro kg	Prot. Verlust pro kg	Ausmahlung
O.	70	11.70	0.1671	1.043	8.21	0.116 ²	0.724	Vollkorn
	72	11.35	0.157	0.980	8.91	0.124	0.774	82%
	72	10.12	0.140	0.876	7.76	0.108	0.674	80%
	71	10.55	0.146	0.912	8.05	0.113	0.705	82% + Kart.
	71	9.18	0.128	0.900	7.69	0.108	0.674	65%
	71	8.91	0.125	0.781	7.24	0.102	0.637	65% + Kart.
	68	10.40	0.153	0.956	8.02	0.118	0.737	82%
Sch.	68	9.11	0.133	0.839	6.56	0.096	0.600	Vollkorn
	68	9.97	0.147	0.919	7.82	0.115	0.718	82% + Kart.
	69	8.80	0.126	0.787	6.78	0.098	0.712	80%
	69	7.87	0.114	0.712	6.57	0.095	0.593	65%
	70	7.76	0.111	0.694	6.56	0.094	0.587	65% + Kart.

Der N-Umsatz, nach Harn und Köt berechnet, schwankt ersichtlich in beiden Reihen, weil die Ausnützung verschieden ist, was sich von selbst versteht; für den eigentlichen Umsatz (Harn + Stoffwechselprodukte) bleiben auch Unterschiede, weil hier zum mindesten die wechselnden Stoffwechselprodukte in Frage kommen; der Umsatz bei Kartoffelzugabe

¹ Korrigiert für Überschub = 0.147.
" " " = 0.101.

bei O. 0.151 g N pro Kilo
 = 0.944 Protein
 = 66.06 Protein pro 70 kg
 „ Sch. 0.147 g N pro Kilo
 = 0.919 Protein
 = 64.33 Protein pro 70 kg

Die Menge des verdauten N war:

bei O. 11.29 g pro Tag
 = 0.159 N pro Kilo
 = 11.13 pro 70 kg
 = 69.55 Protein
 „ Sch. 9.78 g pro Tag
 = 0.141 N pro Kilo
 = 9.87 pro 70 kg
 = 61.70 Protein

Mit Rücksicht auf das ungleiche Gewicht ergibt sich nach der Oberfläche berechnet für Gesamt-N

bei O. 12.60 N = 78.75 Protein
 „ Sch. 13.02 „ = 81.37 „
 und für Harn + Stoffwechsel-N
 bei O. 10.58 N = 66.11 Protein
 „ Sch. 10.09 „ = 63.67 „

Mit Weizenmehl feinsten Ausmahlung (30 Prozent) wurden folgende

Resultate erhalten:

Weizenbrot.

Nahrung	Person	N aufgenommen	N im Harn	N im Kot	Summe	Bilanz
Weizenbrot + Strohmehl	Münch 70 kg	12.27	7.6	1.79	9.4	+2.9
		10.50	9.5	1.79	11.3	-0.8
		10.80	8.8	1.79	10.6	-0.2
		11.00	9.0	1.79	10.8	-0.2
		10.70	9.1	1.79	10.9	-0.2
		10.50	9.6	1.79	11.4	-0.9
		9.85	8.3	1.97	10.27	-0.42
		9.86	9.4	1.97	11.37	-0.01
		8.59	7.4	1.97	9.37	-2.01
		7.80	7.1	1.97	9.07	-1.27
Reines Weizenbrot	Kurgas 62 kg	9.07	7.6	1.97	9.57	-0.50
		6.83	7.1	1.97	9.07	-2.24
		12.66	8.5	1.33	9.88	+2.78
		13.91	7.6	1.33	8.93	+4.98
		12.85	8.7	1.33	10.03	+2.82
		12.48	9.5	1.33	10.83	+1.65
10.75	9.0	1.33	10.33	+0.44		
11.28	6.2	1.33	7.53	+3.75		

Zunächst mit Brot unter Zusatz von Strohmehl für den Gesamt-N
 bei M. 0.157 N pro Kilo = 0.981 Protein
 „ K. 0.156 „ pro Kilo = 0.974 „
 und für Harn-N + Stoffwechsel-N

bei M. 0.148 N pro Kilo = 0.925 Protein
 „ K. 0.148 „ pro Kilo = 0.901 „
 An N wurde resorbiert

bei M. 10.35 g pro Tag
 = 0.148 pro Kilo
 = 0.924 Protein
 „ K. 7.27 g pro Tag
 = 0.117 pro Kilo
 = 0.730 Protein

Für reines Weizenbrot ergibt sich

bei K. 0.165 g N pro Kilo = 1.031 Protein
 für N im Harn + Stoffwechselprodukte
 = 0.150 N = 0.937 Protein.

An N war resorbiert worden

8.74 g pro Tag
 = 0.141 pro Kilo
 = 0.881 Protein
 = 61.67 Protein pro 70 kg

Zwei weitere Versuche mit feinem Weizenbrot ergeben:

Weibbrot aus Finklerversuch.

	Kollmann				Rooffs					
	N im Harn	N im Kot	Summe	Bilanz	N im Harn	N im Kot	Summe	Bilanz		
1.	9.7	1.84	11.54	11.55	+0.01	6.2	2.00	8.20	12.29	+4.09
2.	8.6	1.84	10.44	12.65	+2.21	5.9	2.00	7.90	12.80	+4.90
3.	11.7	1.84	13.54	12.41	-1.13	10.5	2.00	12.50	12.10	-0.40
4.	9.5	1.84	11.34	13.36	+0.02	7.1	2.00	9.10	11.36	+2.26
5.	10.4	1.84	12.24	11.42	-0.82	9.8	2.00	11.80	12.65	+0.85
6.	9.0	1.84	10.84	11.53	+0.69	9.6	2.00	11.60	12.30	+0.70
Mittel:	9.81	1.84	11.65	12.15	+0.50	8.15	2.00	10.15	12.25	+2.10

Es sind pro Kilo

bei K. 0.208 g N = 1.299 g Protein
 „ R. 0.158 „ „ = 0.987 „ „

und für Harn-N + Stoffwechsel-N

bei K. 0.194 g N = 1.211 g Protein
 „ R. 0.145 „ „ = 0.906 „ „

An N ist resorbiert

bei K. 11.36 g pro Tag
 = 0.203 pro Kilo
 = 1.421 Protein
 = 88.8 Protein pro 70 kg
 bei R. 11.44 g pro Tag
 = 0.178 pro Kilo
 = 1.246 Protein
 = 77.9 Protein pro 70 kg

Mit Rücksicht auf das ungleiche Körpergewicht, nach der Oberfläche pro 70 kg berechnet und mit Rücksicht auf den Ansatz korrigiert ergibt sich:

	N insgesamt	Harn + Stoffwechsel-N
für München	10.99 N = 66.72 Prot.	9.96 = 62.24
„ Kurgas	10.50	9.75 = 60.93
„ Kurgas	8.42	7.48 = 46.74
„ Kollmann	13.31	12.54 = 78.36
„ Rootfs	9.17	8.28 = 51.75
	65.60	60.00

Das Finklerprot war ein Gemisch aus Weizenmehl 30prozentiger Ausmahlung und 30 Prozent Kleie aus Roggen, nach dem Verfahren von Finkler bereitet.

Finklerprot.

	Kollmann				Rootfs					
	N im Harn	N im Kot	Summe	N-Zufuhr	Bilanz	N im Harn	N im Kot	Summe	N-Zufuhr	Bilanz
1.	9.7	2.99	12.69	10.82	-1.87	—	3.10	13.78	13.78	—
2.	8.2	2.99	11.19	13.33	+2.14	10.5	3.10	13.25	13.25	-0.35
3.	10.1	2.99	13.09	14.83	+1.74	10.0	3.10	13.10	13.91	+0.81
4.	10.5	2.99	13.49	15.32	+1.83	8.7	3.10	11.80	14.61	+2.81
5.	9.6	2.99	12.59	14.60	+2.01	9.8	3.10	12.90	14.83	+1.43
6.	10.0	2.99	12.99	14.52	+1.53	6.9	3.10	10.00	11.90	+4.34
7.	9.7	2.99	12.69	10.55	-2.14	5.8	3.10	8.90	11.90	+3.00
Mittel:	9.66	2.99	12.65	13.35	+0.70	8.61	3.10	11.71	13.73	+2.02

Für den Gesamt-N war der Umsatz pro Kilo

bei K. 0.226 g

= 1.412 Protein

= 98.84 pro 70 kg

bei R. 0.183 g pro Kilo

= 1.143 Protein

= 80.01 pro 70 kg

und für Harn-N + Stoffwechsel-N

bei K. 0.199 g pro Kilo

= 1.242 Protein

= 86.8 pro 70 kg

bei R. 0.155 g pro Kilo

= 0.968 Protein

= 67.76 pro 70 kg

An N wurde resorbiert

bei K. 11.88 g N pro Tag

= 0.212 pro Kilo

= 1.324 Protein

= 92.68 pro Tag

bei R. 11.96 g N pro Tag

= 0.186 pro Kilo

= 1.162 Protein

= 81.34 pro Tag

Korrigiert auf Oberfläche und für N-Ansatz ergibt sich für den Gesamt-N

bei K. 14.01 N = 87.50 Protein

„ R. 10.89 „ = 68.05 „

und für Harn-N + Stoffwechsel-N

bei K. 12.68 N = 79.24 Protein

„ R. 9.05 „ = 56.86 „

Die vorliegenden Versuche sind umfangreich genug, um ein allgemeines Bild des Eiweißverbrauches bei Brotkost zu geben. Dazu brauchten die Experimente auch keine außergewöhnlich lange Ausdauer.

Nach den besonderen Umständen der Versuche ist die Ernährung mit Vegetabilien bzw. mit Zerealien immer so zur Durchführung gekommen, daß eine vorübergehende reiche Eiweißernährung gar nicht in Frage kommt, daß vielmehr die Einstellung auf den Eiweißumsatz, wie ihn Brot bringt, leicht und in kurzer Zeit möglich war. Brot kann auch nicht gut schlecht-

hin als ein ungenutzter Begriff angesehen werden, und schon deshalb kann es keine Norm geben, die die Größe des Eiweißumsatzes bei Zerealien für den Menschen ein für allemal fixiert. Roggen, Weizen, Gerste sind nach ihren Eiweißstoffen so wenig übereinstimmend, wie im Korn verschiedener Ausmahlung Keimlingsmehl, feinstes Mehl oder Vollmehl. Klar sollte man meinen, wäre die Tatsache, daß mit zunehmender starker Ausmahlung und Abnahme der Resorbierbarkeit vermuthlich auch der Bedarf an Protein steigt; experimentell ist festzustellen gewesen, ob dieser Faktor allein sich als maßgebend erweist. Da ich überzeugend nachgewiesen habe, daß der Kot reichlich Stoffwechselprodukte enthält, so muß daraus gefolgert werden, daß die Harnausscheidung allein nicht mehr ein Maß des Proteinverbrauches ist. Die durch die Vernachlässigung des Stoffwechsel-N im Kot bedingten Fehler werden bei Anwendung von Broten aus feinen Mehlen minimal sein, aber in gleichem Maße steigen, wie die Ausmahlung des Kornes zunimmt. Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet, sind alle Schlußfolgerungen, die namentlich Hinrichde in den letzten Jahren über N-Minimum bei Brot in verschiedenen Zeitschriften veröffentlicht hat, irrig. Die beiden nachfolgenden Tabellen geben die Ordnung der Versuche nach Personen an, weil der individuelle Charakter und die Individuen als Vergleichsmaße für die besondere Form der gereichten Nahrungsmittel ausschlaggebend ist.

Geordnet nach Personen.

Oehlmann und Schönherr, Roggenbrot verschiedener Ausmahlung pro 70 kg.

Person	Art des Brotes	N resorbiert	Protein	Protein-umsatz gesamt	Protein aus Harn + Stoffw-Produkte	Bilanz pro Tag
Oehlmann	Vollkorn	9.66	60.4	64.30	44.17	+16.7
	82 %	8.40	52.5	62.60	54.18	+1.7
	80 %	8.40	52.5	61.25	47.18	+5.3
	65 %	6.65	41.5	63.00	47.18	+5.7
	65 % + Kart.	5.42	33.9	54.67	44.59	+10.7
	82 % + Kart.	5.40	33.7	63.44	49.35	+15.6
	82 %	8.60	53.7	66.98	51.19	+2.1
	Vollkorn	7.92	49.4	58.7	42.00	+7.5
	82 % + Kart.	6.69	41.8	64.35	50.25	+8.4
	80 %	6.22	38.9	55.09	49.88	+10.9
Schönherr	65 %	5.71	35.7	49.84	41.51	+5.8
	65 % + Kart.	5.08	31.7	48.54	41.09	+9.4
	Gerstenbrot:					
Oehlmann	65 %	11.13	69.55	78.75	66.06	+3.49
Schönherr	65 %	9.87	61.70	81.87	62.67	+2.68

Auf 70 kg berechnet (nach Oberflächenwert und Korrektur für Ansatz).

Person	Art des Brotes	N resorbiert	Protein	Gesamt-Protein-umsatz	Protein-umsatz Harn-N + Stoffw-Produkte	Bilanz d. resorb. N auf Prot. gerechnet
Kollmann	75 % Roggen	11.14	69.50	80.10	61.56	+7.94
	94 % "	10.08	62.99	79.18	59.55	+3.44
	80 % Weizen	12.99	81.17	83.18	78.96	+2.81
	Finkele	13.56	84.74	87.00	79.24	+5.50
	75 % Roggen	10.67	66.68	64.74	47.05	+19.63
	94 % "	10.02	62.62	71.70	55.87	+6.75
Roofls	30 % Weizen	11.98	74.86	57.30	51.75	+23.11
	Finkele	12.52	78.24	68.05	56.86	+21.88
	Weizen + Strohmehl	9.96	64.68	66.72	62.24	+2.44
Münch	dessgl.	7.87	49.18	68.18	60.93	+11.35
	Kurgas	9.48	59.24	52.62	46.74	+12.50

Aus den Versuchen bei Oehlmann folgt, daß ein Unterschied im Proteinumsatz zwischen Gerste und Roggen angenommen werden muß; bei ersterem war der Eiweißumsatz zweifellos höher als bei irgendeinem Falle bei Roggen, was auch Person Schl. bestätigt. Der Verbrauch im ganzen und der eigentliche N-Umsatz bei Gerste ist recht hoch, rund 80 g Protein pro Tag für den Gesamtumsatz = 64.59 g für den eigentlichen N-Stoffwechsel. Die Werte für den Roggen sind alle etwas zu niedrig, weil sie durchschnittlich negative Bilanz hatten, und N vom Körper in einigen Fällen in nicht unerheblichem Maße abgegeben wurde. Die verschiedene Ausnutzung beimflußt natürlich den Gesamt-N-Umsatz, aber doch nicht so, daß sich im eigentlichen Stoffwechselumsatz dieser Einfluß durch die Stoffwechselprodukte, die doch mit schlechter Ausnutzung sich steigern, nochmals ausdrückt. Ein Durchschnittswert für den reinen Roggenbrotversuch (die Kartoffelzusätze ausgeschlossen) gibt für den Gesamt-N

bei Oehlmann	64.26 g Protein
„ Schönherr	57.64 „
bei Oehlmann	48.18 g Protein
„ Schönherr	46.12 „

Die beiden Personen stehen sich also namentlich im N-Umsatz nahe und stimmen sozusagen überein. Das ist aber mehr ein Zufall, denn ein Vergleich mit der Tabelle zeigt ganz deutlich, daß uns hier eine Person (Kollmann) entgegentritt, die in allen Experimenten immer höhere Resultate

gibt, wie aus den Zahlen von R., der mit K. zusammen mit demselben Nahrungsmaterial die Versuche machte, deutlich zu ersehen ist. Dem Äußeren nach war K. etwas schlechter genährt aussehend wie R., ein definitiver Grund für sein höheres Eiweißbedürfnis läßt sich nicht geben. Die Versuche von R. und K. sind mit N-reicheren Eiweißmengen ausgeführt.

Somit wäre folgendes durch Kombination der Reihen festzufallen:

	Verbrauch für 70 kg	
	an Gesamtprotein	reinen N-Umsatz in g Prot.
Rooft's	68.22	51.46
Oehm	64.26	48.18
Schönherr	57.64	46.12
dagegen Kollmann	79.09	60.55

Auch beim nachfolgenden Vergleich zeigte Kollmann wieder die höchsten Umsätze, und zwar im Vergleich zu seinen anderen Werten einen höheren Wert als beim Roggen; die Kontrollperson R. läßt einen sicheren Unterschied zwischen Roggen und Weizen nicht feststellen. Bei einer dritten und vierten Person verhält sich Weizen mit Strohmehl und ohne solches unbedingt verschieden. Es scheint der fremde Zusatz entschieden eine Erhöhung des N-Umsatzes zu bedingen. Person Kungas gibt aber bei reinem Weizenbrot N-Werte, die nicht mit K., wohl aber mit R. übereinstimmen:

	Verbrauch für 70 kg	
	an Gesamtprotein	reinen N-Umsatz in g Prot.
R.	57.30	51.75
Kungas	52.62	46.74
dagegen Kollmann	83.18	78.36

woraus wieder folgt, daß Kollmann sich anders verhält wie die übrigen Personen. Roggen und Weizen verglichen, zeigen natürliche Unterschiede im Gesamt-N-Verbrauch, weil ja mit Vollprot-Roggen feines Weizenmehl verglichen wird. Im reinen N-Umsatz, wo der Faktor ungleicher Resorption wegfällt, vermag ich zwischen Roggen und Weizen keinen Unterschied zu konstatieren.

In vorstehendem habe ich nur gesagt, mit welchen „Eiweißmengen“ die Versuchspersonen anscheinend ausgekommen sind oder ausgekommen wären, wenn man ihre Eiweißzufuhr bei Brotkost durch einen anderen

Zuschuß erhöht hätte, indes wird man fast ebensoviel Versuche finden, bei denen die Versuchspersonen mit Brot allein ihr Gesamt-nahrungsbedürfnis gedeckt haben, voraussichtlich also auf einem N-Gleichgewicht waren. In jedem Falle gehören Leute, welche in längerer Dauer mit Brot und Wasser und kleinen Fettmengen sich erhalten, zu den Selbheiten und Ausnahmen, auch im jugendlichen Alter. Die Erwägung, ob Menschen 2, 6, 8 Monate sich in dieser Weise durchfristen können, wird zwar nicht unwichtig sein, aber bei der heutigen Lage der ganzen Frage nicht das Besagen, was sich mancher darunter vorstellt.

Gelegentlich der Betrachtung meiner Ausnützungversuche aus den Jahren 1875/77, bei denen ich gleichzeitig auch die N-Anscheidung, einigemal auch die Harnsäureausscheidung untersucht hatte, war mir aufgefallen, daß sich ein deutlicher Unterschied im N-Verbrauch für Brotversuche und beim Genuß von Kartoffel ergeben hatte. Ich habe daraus Anlaß genommen, zuerst 1897 die Frage der biologischen Wertigkeit verschiedener Eiweiße aufzuwerfen, und glaubte, daß die Ergebnisse sich nicht anders deuten ließen als im Sinne einer schlechten Verwertbarkeit von Brotpweiß gegenüber von Kartoffeleiweiß. Die Versuche erlaubten nur die Angabe eines genäherten Wertes, weil verschiedene Versuchsbedingungen nicht einer solchen Fragestellung entsprechend waren. Die Versuche, hauptsächlich Weizenversuche, ließen die Möglichkeit eines Gesamt-N-Verbrauches bis zu 90 g Protein pro Tag (bei 75 kg) zu. Jedenfalls ist dieser Wert ein sehr hoher, aber als eine vorläufige Schätzung unter noch ungeklärten Verhältnissen doch nicht irreführend, wenn auch nicht allgemein anwendbar. Ich habe oben für Weizen für die eine Person bis 83.5 g Proteinverbrauch angegeben, was von 90 g der ersten Schätzung nicht sehr abweicht.

Vor ein paar Jahren hat Röse über Brot- und Kartoffelversuche berichtet, die er im Laboratorium von Abderhalden (15. Juni bis 5. August 1914) an sich ausgeführt hat¹; er gibt eine Reihe von Bemerkungen über persönliche Schwankungen des Eiweißverbrauches bei Minimalversuchen, die mit dem gut übereinstimmen, was schon C. Thomas 1911 publiziert hat, nämlich mit Störungen des Gleichgewichtes, die man dann auch durch größere Gaben von Eiweiß nicht leicht mehr einholen kann. Unaufhaltsam klettert der N-Verbrauch aus dem nahezu erreichten Minimum Tag für Tag in die Höhe. Röse sagt, er habe 1912 ein Minimum mit Fleisch neben Kohlehydrat bei 29.5 g Protein pro Tag erzielt, 1914 aber erst mit 85 g Protein; ähnliches bei Kommissbrot. Ein niederstes

¹ Vierteljahrsschrift f. Zahnheilkunde. 1914.

Gleichgewicht mit 33 g Protein (35.5 g für seinen Sohn), dann ein Steigen auf 38 bis 41 und weiter auf 57 bis 64.5 g Protein. Obige 85 g Protein entsprechen auf 70 kg Körpergewicht aber einem Verbrauch von 96 g Protein. Nach dem vorliegenden Material läßt sich die Ursache solcher Schwankungen bei einer Person nicht leicht angeben; natürlich liegt die Ursache in der Veränderung der Bedingungen des Körpers selbst, nicht in schwankenden Eigentümlichkeiten des Brotes.

Die genauere mitgeteilten Versuche von 1914, angestellt mit verschiedenen Brotsorten, wie schwedischem Brot, Kommissbrot, Weizenbrot, unmittelbar aufeinanderfolgend, erreichten nach einer anfänglichen positiven Bilanz schließlich erst wieder Gleichgewicht bei 10.8 g N als Zuluhr und einen Umsatz, der pro 70 kg = 11.86 g N = 74.12 g Protein entsprach. Diese Versuche, denen Röse die Deutung gibt, das Brot habe nicht eine ausreichend alkalische Asche und bedinge dadurch ein Gleichgewicht auf hoher Stufe des Proteinumsatzes, wie sich auch aus der steigenden Ammoniakausscheidung zeige, müssen aber eine andere Auslegung erfahren. Was zunächst die Steigerung des Ammoniaks im Harn anlangt, so hängt diese offenbar nur mit der Steigerung des Broteiweißes von Versuch zu Versuch zusammen. Durch andere Gruppierung der Zahlen scheint mir nur hervorzu gehen, daß von dem über eine bestimmte Menge hinaus sich steigenden Protein-N ein annähernd gleicher Prozentsatz in NH_3 ausgeschieden wird, was natürlich nachzuprüfen sein wird. Außerdem steht eine Versuchsreihe (Nr. 8) mit schwedischem Brot deutlich unter einer Nachwirkung der vorhergehenden Kartoffelkost, denn der unmittelbar folgende Versuch mit dem gleichen Brot gibt ein ganz anderes Resultat. Im übrigen bieten die Versuche kaum etwas Auffallendes, wie sich gleich in der folgenden Zusammenstellung zeigen wird. Nur der Endversuch scheint durch Störung der Resorption im Darm, wobei der N fast dreimal so hoch wird wie in den früheren Versuchen mit demselben Brot, außer die Reihe zu fallen. Ich will die Ergebnisse Röses auf 70 kg Körpergewicht umrechnen und auch den wirklichen Umsatz nach meinen Zahlen über den Kot-Stoffwechsel-N schätzungsweise anführen. Man erhält in der Reihenfolge der Originalveröffentlichung folgende Ergebnisse:

	Gesamt-N	Gesamt-Protein	Harn + Stoffwechsel-N	= Protein
Schwedisches Brot	8.75	54.7	6.56	41.00
Kommissbrot	8.77	54.8	6.66	41.6
Weizenbrot	9.71	60.7	8.84	55.2
Schwedisches Brot, wie oben	11.86	74.1	9.10	56.9

Durchweg negative Bilanzen, bis auf den letzten Versuch mit +0.01 g N, was innerhalb der Fehler liegt.

Hindhede hat vor einiger Zeit¹ nach seiner Meinung eine Entdeckung über den geringen Verbrauch von Eiweiß bei Brotkost gemacht und diese auch sehr ausführlich und gebührend in der Berliner klinischen Wochenschrift dem größeren Ärztekreise bekannt gegeben, nämlich daß man bei Brot mit 20 g verdautlichem Eiweiß täglich auskommen kann. Solche Behauptungen gehen unbeanstandet in die weitere Literatur über, woraus man ersieht, daß die Beurteilung dieser Fragen offenbar nicht so einfach ist. Wie üblich, hat Hindhede die Gelegenheit benutzt, um ganz in seiner bisherigen Art eine persönliche Polemik gegen mich zu eröffnen. Kritik der Hindhedeschen Arbeit. Die Schlüsse Hindhedes beruhen auf Betrachtungsfehlern verschiedener Art. Ohne ins einzelne zu gehen, wird jedem, der die Versuche nachsehen will, auffallen müssen, daß die „Ersparnisse“ an Eiweißverbrauch bei Brot sofort steigen, wenn die Verdaulichkeitszahlen des Brot-N sinken. Die Harnzahlen nehmen ab — auf diese stützt er sich allein — und die Kot-N-Zahlen steigen. Im Kot-N steckt aber Stoffwechsel-N, der Harn allein ist nur ein Ausscheidungsweg für den N des umgesetzten Eiweißes, daneben bestehen beim Menschen noch zwei weitere — der N der Hautausscheidung und der Verlust an N in Stoffwechselprodukten; diese sind mehr oder minder in kompensatorischer Verbindung. Starke N-Abgabe im Schweiß mindert den N im Harn und ebenso scheint es nach meinen Untersuchungen für den Stoffwechsel-N zu sein. Bringt man, wie es freilich nur schätzungsweise geschehen kann, an Hindhedes Ergebnisse die nötige Korrektur an, so haben seine gut und reichlich genährten Personen keinen anderen Eiweißverbrauch bei Brot gezeigt als meine bereits erwähnten Versuchspersonen.

Die Gründe für die gelegentliche Zunahme des N-Minimums, die unauhaltssam zu höheren Werten zustreben, könnte man aus dem Mangel irgendeines anderen Nährstoffes, etwa dem Mangel an bestimmten Aschebestandteilen, ableiten. Darauf habe ich zuerst hingewiesen. Es wäre theoretisch aber auch möglich, daß bei länger fortgesetzten Versuchen irgendein wichtiger organischer Bestandteil fehlt. Ich habe schon erwähnt, daß Röse von der Basizität der Nahrung und ihrem Wechsel einen großen Einfluß ableiten will. Bis jetzt ist indes kein Beweis erbracht, daß es diese Zustände gewesen sind, welche in den Experimenten den Einfluß

¹ *Skand. Arch.* Bd. XXXI. H. 3.

ausgeübt haben. Es muß, abgesehen davon, einen Faktor geben, der bei bestimmten Individuen sofort wirksam wird am ersten Tag der Versuche: der eine verbraucht mehr Eiweiß wie der andere, auch wenn alle Berechnungen auf die gleiche Körpereinheit durchgeführt werden. Die Erklärung wird man im ungleichen Eiweißgehalt des Körpers suchen dürfen, also bei relativem Überwiegen des Eiweißbestandes.

Ob aber dieser Faktor wirklich so hervorretend ist, läßt sich aus Versuchen am Menschen bisher nicht belegen, doch glaube ich in der vorigen Abhandlung für den Hund einiges Material beigebracht zu haben. In der Literatur findet sich eine höchst interessante Lösung dieser Frage, die gerade für die Broteiweißwertwertung von größerer Bedeutung ist, in dieser Hinsicht aber unbeachtet geblieben ist.

Aus den Versuchen von R. O. Neumann¹, welche er mit steigenden Mengen von Grotwitbrot angestellt hat, läßt sich ersehen, daß erst etwa mit 1000 g Brot sein N-Umsatz ins Gleichgewicht kam, als er stark abmagerte bei 57 kg Körpergewicht und einem Verbrauch von 11.6 g N pro Tag, d. h. bei 14.24 g N pro 70 kg = 88.99 g Rohproteinverbrauch oder etwa 10.0 g N für Harn- und Stoffwechsel-N = 12.32 g N pro N = 77.0 g Rohprotein pro 70 kg. Diese Werte sind sehr hoch, obschon die Kalorienmenge bis 42.3 Kalorien pro Kilo beträgt, also von einem Kalorienmangel, der indirekt eine Steigerung des N-Verbrauches etwa bedingt hätte, nicht eigentlich die Rede sein konnte.

Irgendein Beleg, daß aus Mangel bestimmter Aschebestandteile der Proteinverbrauch so hoch sich gehalten habe, ergibt sich nicht. Die weiterhin angeschlossenen Versuche von R. O. Neumann liefern eine für die ganze Beurteilung des Brotinhalts wichtige Entscheidung. Anschließend an die vorherige Reihe mit 1000 g Brot nahm er zu 1000 g Brot noch 300 g Rohrzucker und in drei weiter folgenden Reihen 1000 g Brot und 500 g Rohrzucker. Die Kost wurde dadurch erheblich abundant, der Rohrzucker brachte aber nur mehr Kalorien, aber keine Salze. Die Wirkung muß eine Erhöhung der Wärmeproduktion, Glykogen- und Fettbildung herbeigeführt haben. Mit der Zuckerruhr begann das Sinken der N-Ausscheidung im Harn.

Anfallend ist jedoch bei R. O. Neumanns Versuchen folgendes: Er gab zu 1000 g Brot noch 300 g Rohrzucker und in einer anderen Reihe 500 g Rohrzucker täglich, so daß 63.4, 77.1, 74.5 und 72.3 Kalorien pro Kilo Gewicht trafen. Das bedingt einen sehr erheblichen (Glykogen)

Fettansatz, und während dieser Überfütterung mit Kohlehydraten sank die N-Ausscheidung und ein N-Ansatz begann. Es wurden

in der 1. Reihe 9.62 g bei 57.3 kg Gewicht	
.. .. 2. ..	9.53 59.2 ..
.. .. 3. ..	7.62 60.7 ..
.. .. 4. ..	7.30 62.4 ..

als N-Ausscheidung erreicht, also ein niedriges Gleichgewicht von rund

7.5 g N = 9.17 g N pro 70 kg = 57.3 g Rohprotein
6.3 g Harn-N + Stoffwechsel-N = 7.73 g N pro 70 kg
= 48.3 g Rohprotein.

Die Versuche sind völlig eindeutig und durch ihre lange Dauer den Befund absolut sicherstellend. Die übliche Kalorienmenge reichte also nicht aus, um den Eiweißverbrauch stärker zu senken, sondern es bedurfte eines erheblichen (wohl an 100 Prozent) Nahrungsüberschusses, um dieses Ziel zu erreichen. Warum dieser Überschub so N-sparend gewirkt hat, ist nicht genauer anzugeben, weil es uns an weiteren Erfahrungen fehlt. Was den Zustand R. O. Neumanns anlangt, so war sein Körper durch eine mehrmönatige Ernährung mit rationierter Kriegskost stark heruntergekommen und an Eiweiß und Fett verarmt. Bei einer Einnahme von 4.95 g N zu Beginn der Brotreihe und 20.6 Kalorien Gesamtzucker pro Kilo schied er durchschnittlich 13.1 g N im Harn und Kot aus bei 58.5 kg, d. h. pro 70 kg = 15.7 g N = 98.12 g Rohproteinverbrauch. Daraus möchte man schließen, daß sein vorhergehender Fettverbrauch enorm groß war und ein relatives Überwiegen von Eiweiß zu Fett am Körper vorlag.

Aus diesen Ergebnissen muß man weiter den Schluß ziehen, daß es Körperzustände gibt, in denen im Beharrungszustand der Energiezufuhr trotz überwiegender Kohlehydratzufuhr ein Herabdrücken des N-Umsatzes auf ein Minimum nicht zu erzielen ist. Vielleicht wird man auch an die Beobachtung, die ich schon 1883 bei Hunderversuchen gemacht habe, sich erinnern dürfen, daß gleiche Mengen Stärke und Rohrzucker nicht gleich auf Minderung des Eiweißumsatzes wirken, sondern der Rohrzucker stärkeren Einfluß übt wie Stärke.

Gegenüber dieser wichtigen Änderung durch abundante Kohlehydratfütterung kann man fast andere Erklärungsweisen als diejenige, die auf den wandelbaren Körperzustand sich stützen, beiseite lassen, denn in Neumanns Versuchen finden sich überhaupt die beiden Extreme des minimalsten Eiweißverbrauches bei Brotkost, die ich sonst bei den verschiedensten Personen beobachtet habe.

¹ *Veröffentlichungsschrift f. gerichtl. Medizin*. 1919. H. 1. S. 52.

Nach diesen näheren Auseinandersetzungen läßt sich eine Generalübersicht über den N-Verbrauch und Proteinverbrauch bei Roggenbrotarten pro 70 kg Lebendgewicht wie folgt geben:

	Gesamtprotein	Reiner N-Umsatz in Protein
Röse	54.7	(41.0)
Derselbe	54.8	(41.6)
R. O. Neumann	57.3	(48.3)
Schönherr	57.6	46.1
Oehm	64.3	48.2
Rooffs	68.2	51.5
Fr. Madsen	68.4	(57.9)
H. Madsen	68.6	(57.5)
Röse	74.1	(56.9)
Kollmann	79.1	60.5
R. O. Neumann	98.1	77.0

Überwiegend waren die Bilanzen bei Brotvorsuchen negativ; daraus ergibt sich, daß die oben gegebenen Werte durchschnittlich etwas niedrig sind. Ferner beachte man, daß der N-Verlust durch die Haut in keinem Falle bestimmt worden ist. Wenn man sich für berechtigt hält, aus obigen Werten ein Mittel zu bilden, so wäre ein solches für den Gesamtproteinverbrauch 69.9 g (ausschließlich des Wertes von Neumann) und für den eigentlichen N-Umsatz (Harn-N + Stoffwechsel-N) 55.9 g. Für die Möglichkeit der praktischen Ernährung hat ein solcher Durchschnittswert insofern keine Bedeutung, als man dabei wegen der individuellen Schwankungen des Körperbestandes a priori keine Sicherheit für die Durchführung der Broternährung übernehmen kann, weil der Bedarf bei Erhaltungsnahrung auch erheblich größer sein kann. Dieser Satz hat gewiß nicht nur Bedeutung für die Erhaltung mit Brot, sondern allgemein; wir werden bei anderen Nahrungsmitteln ähnliche Erscheinungen nachweisen können.

Als Material zum Vergleich mit meinen Versuchen mit Weizenbrot mag noch das Resultat von Röse, berechnet wie oben, angeführt sein. Ich finde für den Gesamt-N-Umsatz

$$9.71 \text{ g N pro Tag und für } 70 \text{ kg} = 60.68 \text{ g Rohprotein}$$

und für Harn-N + Stoffwechsel-N

$$8.84 \text{ g N pro Tag und } 70 \text{ kg} = 55.24 \text{ g Rohprotein.}$$

Beide Werte liegen zwischen den oben angegebenen Extremen meiner Versuchspersonen.

Die Kartoffel

Neben den Zerealien sind die Kartoffeln das zweitwichtigste Nahrungsmittel. Ich habe schon an anderer Stelle hervorgehoben, daß, wie Rechenberg einmal ganz richtig bemerkt hat, die vulgäre Ausdrucksweise Kartoffelkost nicht in dem Sinne aufzufassen ist, daß diese quantitativ die Ernährung voll beherrschen, daß vielmehr dort, wo dieser Ausdruck gebraucht wird, er sich auf den äußeren Schein gründet, insofern die Kartoffeln durch ihre Masse an sich — nicht nach Trockengehalt und Kalorienwert — sich aufdrängen und bei jeder Mahlzeit erscheinen. In diesem Sinne ist die Kartoffelkost in den letzten Jahren unter uns außerordentlich verbreitet gewesen; als Streckmittel des Brotes ist die Kartoffel seit 1915 benutzt worden. Sie hat für die Fragen des Stoffwechsels insofern eine besondere Bedeutung erlangt, als eine reine Kartoffelernährung am Menschen in meinen Ausnitzungsversuchen im Jahre 1877 das niedrigste N-Gleichgewicht erreicht hatte; allerdings erst 1897 habe ich auf diese auffallende Tatsache hingewiesen. K. Thomas hat dann bei seinen Untersuchungen auch bestätigt, daß sie auch vom Standpunkt der biologischen Wertigkeit zu den Nahrungsmitteln gehören, welche ein Auskommen mit wenig Eiweiß gestatten. Ich habe mich auch vor kurzem noch dazu geäußert.¹ Ausschließliche Fütterungsversuche mit Kartoffeln am Menschen sind dann mehrfach angeführt worden. Sie haben das, was ich zuerst angegeben habe, nur bestätigen können. So hat Röse einen Versuch von 3 Wochen und Hindhede bzw. seine Mitarbeiter eine noch etwas längere Versuchsreihe angeführt; es ist dies nicht schwierig, wenn man wenigstens als Zusage noch Fett zur Verfügung hat, anders ist es aber bei wirklich reiner Kartoffelernährung, die dann in nicht zu langer Zeit nach meinen Erfahrungen wegen Reizlosigkeit dieser Kost verweigert wird.

Hindhede hat seinen Versuch² durch einen Mann von etwa 70 kg ausführen lassen, nachdem vorher 40 Tage Brot gegeben worden war. Die Analyse der Kartoffel wurde in einer Probe für die 40tägige Versuchsreihe ausgeführt, was etwas gewagt erscheint. Der Mann war sehr reichlich verköstigt, besonders mit Fett, von dem er täglich nicht weniger als 120 g aufnahm, an Kartoffel 2100 bis 2600 g. Der Mann gab 32 Tage lang N vom Körper ab und Stillstand des Verlustes trat erst bei erheblicher Steigerung der Nahrungszufuhr ein mit einem kleinen N-Ansatz.

¹ Dies Archiv. 1918. Physiol. Abt. S. 16.

² Skand. Archiv. Bd. XXVII. S. 277.

Wenn man die Reihe vom Standpunkt aus betrachtet, ob hier tatsächlich N-Gleichgewicht aller Einnahmen und Ausgaben bestand, so bleibt, wie auch in anderen Fällen ähnlicher Art, natürlich der Zweifel, weil die Abgaben mit dem Schweiß nicht annähernd anzugeben sind. Da die Versuche Hindredes schon in die warme Jahreszeit fielen und die Person wahr-scheinlich auch körperlich tätig war, hierzu auch recht reichliche Nahrung hatte (52.3 Kalorien pro Kilo in der letzten Woche), bleibt es auch un-sicher, ob eine N-Einstellung oder nur ein zufälliges Gleichgewicht bei Mehrausscheidung von N im Schweiß bestand. Wenn in der Neuzeit behauptet wird, es sei ausgemacht, daß man bei ausschließlicher Kartoffel-fütterung leicht ein N-Gleichgewicht erhalten kann, so wird diese Be-hauptung durch die vorliegenden Versuche nicht gestützt. Es fällt auch hauptsächlich durch die hinteren Reihen bald N-Ansatz, dann wieder auf, daß hintereinander folgende Reihen bald N-Ansatz, dann wieder N-Verluste zeigen. Die wahrscheinlichste Erklärung ist dafür, insoweit es sich um mäßige Schwankungen handelt, der N-Verlust durch die Haut, zu dem die N-Ausscheidung im Harn umgekehrt proportional verlaufen dürfte.

In einer neuen Versuchsreihe, die ich an einem kräftigen Mann aus-geführt habe, läßt sich auch noch Material zur vorliegenden Frage finden. Die Versuchsreihe, welche nachstehend berichtet wird, hat ergeben, daß Fälle vorkommen, in denen man mit reiner Kartoffelkost ein N-Gleich-gewicht überhaupt nicht erzielt; sich vielmehr einem stetigen N-Verlust gegenüber sieht.

	N im Harn	N im Kot	Summe	N auf-gewonnen	Bilanz
1.	9.72	2.42	11.84	8.99	-2.90
2.	7.75		10.17	8.74	-1.44
3.	6.95		9.37	8.87	-1.00
4.	7.74		10.16	8.36	-1.80
5.	8.43		10.85	8.87	-1.98
6.	8.94		11.36	8.77	-2.59
Mittel: 8.20			10.62	8.67	-1.95

Bei dem Manne fehlte zum mindesten rund ein Fünftel des nötigen N, als er von Kartoffeln allein lebte. Der gleichartige N-Verlust vom Körper ist offenbar Verlust von Organweiß, der sich in dieser Weise monate-lang hinziehen kann, bis sich auf niedrigem Eiweißbestand ein Gleich-gewicht einstellt.

Eine Berechnung des Eiweißverbrauches ist deshalb unsicherer, als ein Gleichgewicht bestände; sie fällt vermutlich etwas zu klein aus,

doch mögen in folgendem die zahlenmäßigen Angaben angefügt sein. Die Gesamt-N-Ausscheidung bei Kartoffelkost betrug:

0.136 g N pro Kilo = 0.851 g Protein = 9.52 g N pro 70 kg
= 59.6 g Protein

für Harn und N-Stoffwechselprodukte

0.124 g N pro Kilo = 0.775 g Protein = 8.68 g N pro 70 kg
= 54.25 g Protein

die N-Resorption

0.100 g N pro Kilo = 0.625 g N-Substanz = 7.00 g N pro 70 kg
= 43.75 g Protein.

Die Versuchsperson war wohlgenährt aus dem Felde zurückgekommen, hatte sich aber schon längere Zeit vor dem Experiment auf die damalige beschränkte Kriegskosten eingestellt. Wie aus dem Gang der N-Ausscheidung klar hervorgeht, reichte die Kartoffel für die Deckung des N-Bedarfes nicht aus; man darf aber nach der Sachlage vermuten, daß nach einiger Zeit durch N-Verlust vom Körper aus Organweiß eine größere Annäherung zwischen Zufuhr und N-Verlust sich vollzogen hätte. Einen Beweis gibt der vorliegende Versuch nicht, wohl aber zeigt er, daß man die Einstellung auf ein N-Minimum bei Kartoffelkost nicht ohne weiteres bei jedem Menschen erwarten darf. Im vorliegenden Falle bedenten 1.95 g täglicher Verlust sehr viel, weil sich in ihm ein erheblicher Anteil des N-Minimums des betreffenden Mannes ausdrückt, auch wenn wir dieses unter diesen Umständen weit höher einschätzen dürfen als bei Leuten von schlechter körperlicher Beschaffenheit.

Im Zusammenhang damit mag noch ein Versuch von Böse erwähnt werden, der den im vorstehenden Kapitel ausgeführten Brotversuchen vorausging. Wenn ich ihn für die Ausscheidung von Harn-N + Stoffwechsel-N nach meinen Versuchen korrigiere, so ergibt sich für 70 kg:

Gesamt-N 5.19 g = 32.8 g Rohprotein
Harn-N + Stoffwechsel-N . . . 4.98 „ = 30.9 „

Wenn ich auch die Versuche Hindredes nach Maßgabe der Verluste an Stoffwechsel-N nach meinen Experimenten umrechne, so war dort der Umsatz = 5.61 g N = 32.66 g Rohprotein der üblichen Rechnung. Somit ergibt sich folgende Zusammenstellung an Proteinverbrauch, wobei ausdrücklich wieder bemerkt sein muß, daß nicht immer N-Gleichgewicht vorhanden war:

	Gesamt-N pro 70 kg	Gesamt- protein	Harn-N + Stoffw.-N	= Protein
Martens	9.52	59.6	8.68	54.2
Versuche 1877 ¹	—	—	7.2	45.0
Röse	5.19	32.8	4.98	30.9
Madsen	—	—	5.61	32.66

Die Verhältnisse sind ähnlich wie bei Brot, die möglichen Schwankungen im Minimalverbrauch erheblich. Die niedrigsten Zahlen aus Harn-N +

Stoffwechsel-N entsprechen 4.52 Prozent Eiweißkalorien

bei Röse rund 4.77

„ Madsen 4.77

„ Versuchen 1877 6.1

„ Martens 7.9

Die Hauptursache der ungleichen Einstellung beruht auf dem ungleichen Bestand der Versuchsperson an Körperweiß. Vergleichliche einzelner Nahrungsmittel hinsichtlich des N-Verbrauches bei verschiedener Ernährung sind stets insoweit verschieden, als eben die Körperzustände ungleich sind. Nach den Ergebnissen der Brotversuche hege ich keinen Zweifel, daß die Versuchsperson Martens bei größerem Überschuß an Kohlehydraten auch die niedrigsten Werte der Eiweißkalorien erreicht haben würde. Dies wird aus weiteren Experimenten klarer, die ich am Hund mit Kartoffelfütterung angestellt habe. Der Hund war bei den ersten Reihen erheblich abgemagert, weil sich lange Zeit kein Fett hatte aufzutreiben lassen.

In den drei Versuchsreihen, welche in einer vorhergehenden Arbeit² aufgeführt worden sind, wog der Hund normal 19.5 kg. Er war dann

auf 14.5 kg. heruntergekommen und zeigte dabei folgende N-Werte am Ende je einer Woche bei Kartoffelfütterung:

300 g Kart. + 200 g Zucker		300 g Kart. + 200 g Zucker		300 g Kart. ohne Zucker	
Zufuhr	Ausgabe	Zufuhr	Ausgabe	Zufuhr	Ausgabe
1.10 N	1.85	1.10	1.88	1.10	1.65
1.10	1.45	1.10	1.89	1.10	1.97

¹ In meinem Versuch vom Januar 1877 stellte sich die Versuchsperson schon am 2. Versuchstag mit 3078 g Kartoffelaufnahme ins Gleichgewicht,

brauchte also nicht einen Monat wie bei Hindhede, und setzte am 3. Tag

+1.76 g N an. Der Verbrauch war 9.69 g N im Tag; von den 3.69 g N des

Kotes sind wahrscheinlich kaum ein Drittel Stoffwechselprodukte gewesen, weil

die Ausscheidung schlecht war, so daß 7.2 g N auf Umsatz = 45.0 g N-Substanz

trafen, das mag für den kräftigen Mann an 6.1 Eiweißkalorien angemacht haben.

² Dies Archiv. 1919. Physiol. Abtlg. S. 43.

In einer anschließenden Reihe mit besserer Kost und unter Anfütterung des N-Verlustes, der früher stattgefunden hatte, aber ohne nennenswerte Verbesserung des Fettbestandes bei 16.05 kg ergab sich bei 300 g Kartoffel:

Zufuhr	Ausfuhr
1.28 g N	3.46 g N
1.28 „ „	3.35 „ „

nach einer Woche. Nach zweimonatiger guter Fütterung bei N- und Fettansatz bei 18.5 kg mittlerem Gewicht bei 500 g Kartoffel + 150 g Zucker:

Zufuhr	Ausfuhr
1.49 g N	2.91 g N
1.49 „ „	2.63 „ „
1.49 „ „	3.01 „ „
1.49 „ „	2.42 „ „

Der Kalorienbedarf war 47.4 Kalorien für 150 und Ruhe. Daraus ergeben sich folgende Mittel für die drei Reihen:

bei N-Armut	1.74 = 43.5 Kal. : 687.3 Gesamtumsatz
nach einseitigem Eiweißersatz	3.40 = 85.0 „ : 760.7
nach Fettverbesserung	2.74 = 68.6 „ : 876.9

Von den Gesamtkalorien waren Eiweißkalorien

beim herabgekommenen Tier	6.32
nach einseitigem N-Ansatz	11.17
bei allgemein besserem Bestand und Fettanwuchs	7.82

Die Ergebnisse sind voll verständlich mit Bezug auf den Ernährungszustand. In allen drei Ernährungszuständen wurde aber kein N-Minimum, das bei 4 bis 5 Prozent Eiweißkalorien gelegen haben mochte, erreicht. Am nächsten kam ihm das herabgekommene auch eiweißarme Tier. Ähnliche Schwankungen oder noch größere werden auch beim Menschen in körperlichen Zuständen vorkommen, woraus sich auch wieder ergibt, daß neben der Zufuhr eben die Beschaffenheit des Organismus auf die Höhe des Minimums den ausschlaggebenden Einfluß übt.

Über die intimen Vorgänge, die sich bei der Kartoffelernährung abspielen, läßt sich aus den Stoffwechselversuchen selbst näheres nicht ableiten. Eines wurde schon erwähnt: der ungenügn rasche Abfall der N-Zusetzung auch nach vorheriger reicher Eiweißkost. Im übrigen wird sich dann bei ausreichender Kost sehr leicht Glykogen einlagern. Nach Versuchen am Hund belehren uns die auf Kartoffelfütterung folgenden Hungertage, wie er mit dem Eiweißansatz ausreicht. Man sollte ver-

mten, daß nach Kartoffelfütterung folgende Hungertage ein Steigen des N-Umsatzes erkennen lassen; das ist nach meinen Versuchen nicht der Fall, sondern die N-Ausscheidung fällt wenigstens in den ersten 2 Tagen noch weiter ab. Wir haben jedenfalls ein Recht, diese niederen N-Zahlen als Minimum, entstanden durch reichliche Glykogenmobilisierung, anzusehen. Mit dem Verbrauch von Glykogen schwinden auch die niederen N-Zahlen. Ähnliches hat übrigens schon vor langer Zeit Praussnitz beim Menschen beobachtet, bei dem, wenigstens nach gemischter Kost, die eigentliche Hunger-N-Ausscheidung erst mit dem 3. Tag zu beginnen pflegt. Beim Hund wurde der N-Umsatz im Hunger nach reichlicher Kohlehydratgabe durch eine Eiweißzufuhr gleicher Höhe in Kartoffeln nicht gedeckt.

Weil man also mit diesen wechselnden körperlichen Zuständen rechnen muß, kann man bei wechselnden Personen in den Versuchen nur so weit unter sich vergleichbare Ergebnisse erwarten, als der Zufall gleichartige Personen dem Experimentator in die Hände spielt. Langdauernde Versuche, die mit Änderungen des Körperzustandes schließlich N-Gleichgewicht erreichen, entsprechen der Aufgabe nicht, Vergleichswerte zu schaffen, sondern können höchstens in der Hinsicht verwertet werden, ob in extremen Fällen eintöniger Kost überhaupt die Existenzmöglichkeit besteht.

Der Begriff rationeller Ernährung erfordert weiterhin den Nachweis, ob die Existenzmöglichkeit unter Innehaltung einer Befriedigung des Kalorienbedürfnisses möglich ist oder ob zu diesem Zwecke etwa eine Überernährung eintreten muß, die nebenbei — da ja nur Kohlehydrate in Frage kommen — zum Fettsatz führt. Für die beiden bisher betrachteten Nahrungsmittel Brot und Kartoffel läßt sich die letzte Frage etwa in folgender Weise beantworten. Bei den Brotsorten haben wir die Möglichkeit des N-Gleichgewichtes im Durchschnitt bei 65.5 g Rohprotein gefunden. Bei Kartoffel fehlt noch ein sicherer Mittelwert und dürfte günstigerfalls aber mehr dem niedrigen N-Umsatz, den ich oben angeführt habe, entsprechen, etwa 33 g Rohprotein. 65 g Rohprotein¹ sind etwa in 625 g Brotrockensubstanz enthalten

davon gehen ab		
im Kot	388.5 Kalorien	
in 6.66 g Harn-N	51.8	440
	= 2650 Rohkalorien	<u>2210</u> Reinkalorien

¹ Ich habe dabei den Versuch von R. O. Neumann weggelassen.

Diese reichen zur Vollernährung bei mittlerer Arbeit nicht aus (2800 Kal. pro 70 kg als Bedarf angenommen) und erfordern eine weitere Zugabe N-freier Substanz. Für 33 g Rohprotein in Kartoffel sind 412 g Kartoffeltrockensubstanz notwendig = 1632 Rohkalorien. Einer weiteren Berechnung bedarf es nicht. Auch die Kartoffel kann Minimalwerte des N-Verbrauches erreichen, ohne zu „ausreichender Ernährung“ zu führen. Sie erreicht das Minimum nur unter Zugabe N-freier anderweitiger Nahrungsmittel.

In beiden Fällen reicht also das Nahrungsmittel hin, für sich allein ein Minimum zu bilden, doch muß man damit rechnen, daß nicht jede Person damit auf den Mittelwert des Minimums kommt. Vor allem mag auf die Versuche von Böse mit stark abweichenden Proteinwerten nochmals verwiesen sein. Es bleibt in hohem Maße auffallend, daß diese starken Abweichungen besonders bei Brot auftreten und bei denselben Personen, soweit man die Versuche zurzeit übersieht, nicht bei der Kartoffel. Vielleicht muß man als Erklärungsversuch noch offen lassen, ob nicht etwa erst nach längerer Zeit sich eine Ungleichheit der Wertigkeit ergibt, die in kurzen Versuchszeiten noch nicht bemerkbar ist.

Für eine Gleichwertigkeit zwischen Kartoffel- und Brotkost sprechen die Ergebnisse aller Versuche nicht. Die Annahme Hindhedes, die übrigens, wie ich noch zeigen werde, auf falscher Anslegung seiner eigenen Resultate beruht, daß man mit Brotprotein vermindert das Kartoffelprotein gewissermaßen Gramm für Gramm ersetzen könne, läßt sich nicht erweisen. Falls man die obigen Ergebnisse zugrunde legt, würden also 65 g Brotprotein etwa 30 g Kartoffelprotein gleichwertig¹ sein, also 100 g Brotprotein = 51 g Kartoffelprotein. Nach den Versuchen von Thomas ergab sich für Weizenmehl und Kartoffeln ein Verhältnis von 100 g Weizenprotein zu 42.3 g Kartoffelprotein, was bei den Schwierigkeiten solcher Vergleiche genügend übereinstimmt.²

Gemüse und Obst.

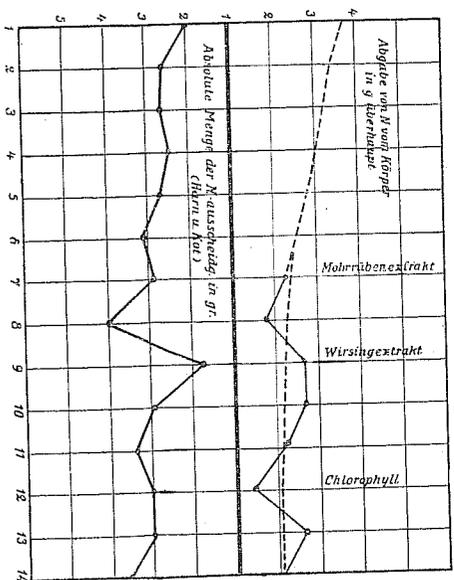
Für Kartoffel, Wurzel- und Blattgemüse und Obst liegen die Verhältnisse sehr ungleich. Während die Kartoffel an sich noch allenfalls zu einer mittleren Kalorienzufuhr ausreichend sein kann, versagt die Ernährung mit Wurzel- und Blattgemüsen und Obst in dieser Hinsicht vollkommen, sie ist auch nicht einmal mehr einseitig zur Befriedigung der einen oder anderen Nährstoffgruppe unserer Ernährung hinreichend.

Bei Gemüsen und Obst müssen wir einige allgemeine Züge dieser

¹ Dies *Archiv*. 1909. Physiол. Abtlg. S. 227.

² Nach dem Gesamtwerte: 69.1 : 30 = 100 : 43.4.

Nahrungsmittel vorausschicken; von der Fülle von Amidn, dem Reichtum an Zellmembran, dem gelegentlichen Mangel eigentlich vollwertiger Kohlehydrate sei als bekannt abgesehen. Aber wir haben außerdem unter ihnen einzelne Stoffe, die durch die gewaltige Anreizung zur Bildung von Stoffwechselprodukten im Darm Veranlassung geben, wodurch natürlich der eigentliche Eiweißumsatz ansteigt. Die Wirkung sekretionsfördernder Stoffe könnte aber noch die Harn-N-Ausscheidung beeinflussen oder überhaupt den Umsatz N-haltiger Stoffe direkt ändern, daher wird man die prinzipiellen Fragen am besten vorwegnehmen. Zu ihrer Lösung habe ich eine Reihe orientierender Versuche am Hunde angestellt, indem ich eine Grundnahrung von 500 g Kartoffel + 150 g Zucker täglich verfertigte und dann an einzelnen Tagen den wässrigen Extrakt von Mohrrüben, Wirsing und auch reines Chlorophyll der Nahrung beifügte. Der Mohrrübensaft enthielt 0.53 g N und sehr reichlich Zucker (und 2.82 g Asche), der Wirsingsaft 1.29 g N (und 3.62 g Asche), das Chlorophyll enthielt 1.24 g N (0.106 g Asche). Letzteres wurde zum großen Teil unzerstört zum kleinen Teil zersetzt ausgeschieden. Der Kot konnte natürlich nicht für die einzelnen Tage bestimmt werden. Die Resultate enthält folgende graphische Darstellung:



Die untere Hälfte gibt die absoluten Zahlen des Harnes, die obere die Bilanz (Harn und Kot), welche durchweg negativ war. Der Kot-N ist als Mittel der ganzen Reihe eingesetzt worden. Die punktierte Linie verbindet die Tage, welche von den gefütterten Substanzen nicht beeinflusst sind; da diese Werte allmählich abfallen, ist dieser Ausgleich in üblicher Weise durch gleichmäßiges Ansehen der Linie angestrebt worden. Das Resultat ist kurz folgendes.

In dem Preßsaft war neben den Amidn und Extraktivstoffen auch reichlich Nährmaterial, wenigstens bei Mohrrüben viel Zucker. Nach früheren Versuchen kann man aus 100 g Mohrrüben 3.61 g organische Substanz im Preßsaft erhalten.¹ Es mag in dem verwendeten Saft neben dem N an 100 g Trockensubstanz vorhanden gewesen sein. Bei Wirsing² fand ich pro 100 g Wirsing 3.52 g organische Substanz im Preßsaft, davon berechnen sich für den vorliegenden Fall etwa 80 g organische Substanz, deren Natur nicht sicher feststeht, jedenfalls wenig Zucker enthält. Der Mohrrübenextrakt aus 3 1/2 kg Rüben, bei 300 Atmosphären gepreßt, mit 0.53 g N kann, was letzteren anlangt, wieder zur Ausscheidung kommen; es macht sich dann nachträglich das Absinken der N-Ausscheidung, die durch den ganzen Versuch geht, geltend. Ein Einfluß auf eine Erhöhung der N-Ausscheidung über das Maß der Zufuhr ist nicht gegeben. Nicht ausgeschlossen, hier aber nicht erweislich, kann eine Mehrung des Stoffwechsels-N oder der Stoffwechselprodukte im Kot aufgetreten sein, denn die Mohrrüben gehören zu den Vegetabilien, die immerhin schon ziemlich erheblich sekretionsreizend auf den Darm wirken.³

Einen kräftigen Erfolg auf die N-Ausscheidung gab der Wirsingextrakt, gewonnen aus 2.9 kg frischer Substanz bei 300 Atmosphären; davon wurden acht Zehntel verabreicht. Die Amidsubstanzen (1.29 g N) sind offenbar größtenteils zur Ausscheidung gelangt, der Harn-N des vorhergehenden Tages war 1.71 g, der der Wirsingtage 4.00 g, also eine Ausgabe von 2.29 g; auch der darauffolgende Tag brachte noch 2.99 g, der nächste 2.30 g N im Harn. Es scheint also tatsächlich auch eine Steigerung des N-Umsatzes eingetreten zu sein, es liegt aber, wie schon an anderer Stelle angegeben, die Hauptwirkung im Darm, in der massenhaften Bildung von Darmsekret mit reichlichem N-Gehalt.

Nachdem so gewisse Richtlinien für diese Fragen gegeben sind, gehe ich zur Betrachtung der einzelnen Versuchsreihen über.

Bei den Mohrrüben diente dieselbe Versuchsperson zum Experimente, welche auch für den einen oben berichteten Versuch gedient hatte und dadurch gekennzeichnet war, daß sie mit Kartoffelnahrung in kein N-Gleichgewicht kam. Die Ernährung mit Mohrrüben war recht kurz, weil die Person nicht länger diese Kost aufnehmen wollte und konnte; trotzdem ist es auffallend, daß der N-Verlust vom Körper so enorm groß, darf man sagen, war. Während am 3. Tage der Kartoffelreihe 1 g N vom Körper abgegeben wurde, war hier der Verlust 7.8 g N pro Tag;

¹ *Dies Archiv*, 1915, Physiol. Abtlg. S. 211.

² *Eberda*, 1915, Physiol. Abtlg. S. 231.

³ *Eberda*, 1916, Physiol. Abtlg. S. 220.

es ist kaum anzunehmen, daß in den späteren Tagen die Bilanz wesentlich günstiger geworden wäre. Jedenfalls war die Person, was ihren Körperzustand anbetrifft, sehr muskulös, also bei gutem Bestande, und schon deshalb eine der Vorbereitungen zu hohem Eiweißumsatz gegeben. Dazu könnte noch kommen, daß die N-Substanzen der Mohrrüben zum erheblichen Teil Amidsubstanzen sind. Und endlich war die Ernährung quantitativ mangelhaft insofern, als die Mohrrüben nur 1113 Reinkalorien lieferten = 14.3 Kalorien pro Kilo, was etwa ein Drittel seines Bedarfs ausgemacht haben wird. In den Mohrrüben sind vielleicht 60 Prozent solcher Stoffe, welche als Kohlehydrate in Anspruch genommen werden können, d. h. ungefähr 8.4 Kalorien pro Kilo Körpergewicht, was ein Fünftel des Gesamtkalorienbedarfes ausmachen mochte. Daher kann man nicht von der Hand weisen, daß auch durch Kohlehydratmangel der Eiweißverbrauch nicht so stark eingeschränkt werden konnte, als es notwendig war, um mit kleinen Mengen N-Substanz auszukommen.

Mohrrüben. Martens.

Tag	N in d. Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr	Bilanz
1.	5.33	13.70	2.01	15.71	-10.5
2.	5.33	11.96	2.01	13.97	-8.6
3.	5.33	11.08	2.01	13.09	-7.8

Der N-Umsatz (3. Tag) war im ganzen pro Kilo

0.168 g = 1.05 g Protein = 11.76 g N pro 70 kg = 73.5 g Protein.

für Harn- und Stoffwechsel-N

0.162 g = 1.01 g Protein = 11.34 g N pro 70 kg = 70.8 g Protein.

Die N-Resorption war

5.46 g = 0.070 g N pro Kilo = 0.437 g Protein = 4.90 g N
pro 70 kg = 30.6 g Protein.

An Amid-N war in den Mohrrüben

2.30 g Protein = 3.03 g N pro Tag.

Bei dieser Rübenkost fand also ein schneller Verlust von Organ-N der Versuchsperson statt.

Bei den Kohlrüben waren zwei andere Versuchspersonen tätig gewesen, welche bereits zu ausgedehnten Versuchen mit Brot gedient hatten. Sie aßen, soviel sie vermochten. Am 4. Tage erreichte die eine, am 5. Tage

die andere den tiefsten N-Bestand; keine von beiden vermochte sich zu erhalten. Doch war der Umsatz bei beiden Personen noch nicht halb so groß wie bei M. bei Mohrrüben. Unter den Argumenten, welche bei den Mohrrüben die N-Ausscheidung nicht herabgedrückt hatten, habe ich die sehr geringe Zufuhr von Kohlehydraten erwähnt. Dieses Moment allein kann aber nicht ausschlaggebend gewesen sein, denn hier waren sicher die Mengen der Kohlehydrate noch geringer.

Person O. erhielt in der Rübe nur 12.0, Seh. 12.8 Kalorien pro Kilo als Nahrung, wovon man auch vielleicht nur 7 bis 8 Kalorien als Kohlehydrate ansprechen dürfte, d. h. auch nur etwa so viel, als bei den Mohrrüben vorhanden war. Von dem N der Zufuhr ist ein erheblicher Teil (56.9 Prozent) Amid-N = 1.12 g pro Tag, so daß die Proteineinfuhr bei beiden Personen auf 1 bis 1.6 g N pro Tag herabgesunken war, obschon maximalste Mengen von Kohlrüben verzehrt wurden. Das ist so wenig, daß von einem Gleichgewicht irgendwelcher Art nie die Rede sein könnte, eher kann man den Versuch als einen Eiweißmangelversuch ansehen.

Die Gesamt-N-Ausscheidung war pro Kilo

bei Oehm 0.0935 g = 0.593 g Rohprotein = 6.54 g N

pro 70 kg = 40.88 g Protein

bei Schönherr 0.0919 g = 0.575 g Rohprotein = 6.44 g N

pro 70 kg = 40.25 g Protein,

für Harn- und Stoffwechsel-N

bei Oehm 0.0804 g = 0.525 g Rohprotein = 5.88 g N

pro 70 kg = 36.75 g Protein

bei Schönherr 0.081 g = 0.525 g Rohprotein = 5.67 g N

pro 70 kg = 35.42 g Protein.

An N wurde resorbiert pro Kilo

bei Oehm 0.023 g = 0.144 g Rohprotein = 1.61 g N

pro 70 kg = 10.08 g Protein

bei Schönherr 0.029 g = 0.177 g Rohprotein = 2.03 g N

pro 70 kg = 12.39 g Protein.

Bei Brot hatten an Gesamtumsatz:

Oehm 64.26 g Protein

Schönherr 57.64 „

für Harn- und Stoffwechsel-N

Oehm 48.18 g Protein

Schönherr 46.12 „

Von den Kalorien stammten aus Eiweiß bei Berechnung aus Harn- und Stoffwechsel-N		bei Oehm	3.67 Prozent
		„ Schönherr	3.52 „
		„ bei Oehm	4.93 Prozent
bei Brot		„ Schönherr	4.72 „

Daraus folgt, daß die Personen noch über ein relativ reichliches Fettpolster verfügten, sonst wäre der N-Verbrauch gesteigert gewesen, und weiter, daß wohl nebenbei noch dieses relative Übergewicht des Körpers, fettes durch ein Absinken des N am Körper gesteigert worden sein mußte, denn so niedrige Werte wie 3.5 bis 3.7 Prozent Eiweißkalorien stehen erheblich unter den bis jetzt beobachteten Werten. Die Umsatzwerte für Brot sind bei diesen Personen höher als für die Kohlrüben, was auf die geringere Wertigkeit des Broteiwisses zurückzuführen ist.

Kohlrüben.

Tag	Oehm				Bilanz	Schönherr				Bilanz
	N in der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr		N in der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr	
1.	2.1	9.6	1.71	11.31	-9.2	2.1	7.0	1.41	8.41	-6.3
2.	2.1	8.4	1.71	10.10	-8.0	2.1	7.0	1.41	8.40	-6.3
3.	2.8	6.5	1.71	8.2	-5.4	2.1	7.3	1.41	8.70	-6.6
4.	2.1	5.8	1.71	7.5	-5.4	2.8	4.4	1.41	5.8	-3.0
5.	2.1	3.9	1.71	5.6	-3.5	2.8	5.4	1.41	6.8	-4.0
6.	—	—	—	—	—	2.8	4.8	1.41	6.2	-3.4
7.	—	—	—	—	—	2.8	4.9	1.41	5.3	-3.5

Die Kohlrübe ist als Nahrungsmaterial sehr minderwertig; je reicher sie in der Kost vorhanden ist, um so mehr muß durch andere N-Quellen in der Kost an Eiweiß gedeckt werden, und auch das Kalorienbedürfnis der Ausfuhr an Kohlehydraten allein wohl schwer gestillt werden. In kann mit weiteren Kohlehydraten allein wohl schwer gestillt werden. In der Kohlrübenzeit 1916/17, das begreift man, mußte die Kost enorm gelitten haben; der rasche Verfall der Personen wird uns aus den Eigenschaften dieser Pflanze voll verständlich, wenn auch die Gesamtnahrungsaufnahme trotz des unbefriedigenden Geschmacks dieser Rübensorten bei einzelnen Personen nicht gelitten haben sollte. Sicher hat die Mehrzahl solchen Widerwillen gegen die Kohlrübe gefaßt, daß die Nahrungsaufnahme auch quantitativ zurückging, denn es wird berichtet, daß viele Personen an Erbrechen infolge Abgessenssein gelitten haben.

Von Versuchen mit Blattgemüsen habe ich bei Erwachsenen nur den Wirsingkohl angewandt und auch nur in einer kurzen Reihe von 3 Tagen,

da die Person nicht länger bei dieser Kost zu erhalten war. Person M. zeigte einen außerordentlich großen N-Umsatz, zwar brachte der Wirsingkohl 8.9 g N im Tag in der Zufuhr, die Ausfuhr war aber allgemein enorm und an allen 3 Tagen gleich, der Verlust vom Körper 9.3 g N im Tag. Trotzdem die Nahrungsmenge so groß war, daß die Versuchsperson nicht mehr verarbeiten konnte, brachte sie es nur auf eine Zufuhr von 497 Reinkalorien pro Tag = 6.37 Kalorien pro Kilo, davon waren vier Zehntel Kohlehydrate = 2.5 Kalorien pro Kilo. Diese Kohlehydrate sind der Hauptsache nach nur Zellmembranen, von denen sicher die Zellulose, soweit sie aufgelöst wird, gar nicht als Kohlehydrat wirkt, da die Gärung Buttersäure und Essigsäure, aber keinen Zucker u. dgl. liefert. Und von dem Protein ist ja bis zur Hälfte nur Amid-N, bei einem Umsatz von rund 40 Kalorien, also nur 6 Prozent des Gesamtbedarfes, d. h. die Menge erreicht kaum jene Grenze, welche notwendig ist, um das Mindestbedürfnis an Kohlehydraten zu liefern. Daraus folgt, daß die Eiweißzersetzung an sich bedeutend sein mußte, dann zumal, wenn es sich um eine muskelreiche, aber fettarme Person gehandelt hat, was in der Tat anzunehmen ist, denn M. zeigte auch sonst die Eigenheit, daß sein N-Umsatz verhältnismäßig groß war.

Es ist trotz alledem unwahrscheinlich, daß diese Momente genügen, um den hohen Eiweißumsatz zu erklären. Denn ich habe schon bei einem gleichen Versuch mit Wirsing 1878 beobachtet, daß der N-Verlust vom Körper ein sehr erheblicher war, wie man ihn nie sonst bei kohlehydrathaltiger Kost eben findet. Daher ist es notwendig, doch auf die Experimente an Hunden zurückzugreifen, die lehren, daß dem Extrakt aus Wirsingkohl zweifellos auch eine den Eiweißumsatz steigende Wirkung zukommt, wie ja auch die Stoffwechselprodukte im Kot bei dieser Kost enorm groß sind. Ein Zusammenhang zwischen vermehrter N-Ausscheidung im Harn und vermehrter Bildung von Stoffwechselprodukten im Darm wäre denkbar, aber freilich direkt nicht experimentell zu begründen.

Die Gesamt-N-Ausscheidung betrug pro Kilo

$$0.233 \text{ g N} = 1.455 \text{ g Protein} = 16.31 \text{ g N pro } 70 \text{ kg} \\ = 101.85 \text{ g Protein.}$$

für Harn- und Stoffwechsel-N

$$0.228 \text{ g N} = 1.424 \text{ g Protein} = 15.96 \text{ g N pro } 70 \text{ kg} \\ = 99.68 \text{ g Protein.}$$

Resorbiert waren

$$0.108 \text{ g N} = 0.675 \text{ g Protein} = 7.56 \text{ g N pro } 70 \text{ kg} \\ = 47.25 \text{ g Protein.}$$

Der Eiweißumsatz ist enorm groß und wird rund 10 Prozent der Gesamtkalorien ausgemacht haben, was etwa dem Verhältnis einer reinen Hungererzsetzung oder dem Umsatz bei alleiniger Fettzufuhr entspricht.

Es liegt gewiß kein Grund vor, die übrigen Kohlarthen und Blattgemüse höher einzuschätzen als den Wirsingkohl, und man ist wohl berechtigt, dieser Nahrungsmittelgruppe nur eine sehr duffige Rolle in der Nahrungsversorgung zuzuweisen, als Zusätze zu anderen Material und auch da nur in beschränktem Maße, mehr als Abwechslungsmittel in der Kost, wenn die Nährstoffbedürfnisse anderweitig annähernd gedeckt sind. Dann liegt ja der Gedanke nahe, ihrer starken Reizung des Darms und der umfangreichen Bildung von Stoffwechselprodukten möglicherweise einen nutzbringenden Wert zuzubilligen. Inwieweit das geschieht, müssen aber Versuche entscheiden.

Wirsing. Martens.

Tag	N in d. Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr	Bilanz
1.	8.88	15.88	2.39	18.27	-9.39
2.	8.88	15.89	2.39	18.28	-9.40
3.	8.88	15.82	2.39	18.21	-9.33
4.	—	12.90	—	—	—

Wenige Tage dieser Kost genügen, um einen enorm hohen N-Zerfall herbeizuführen.

Anschließend soll noch über die Versuche mit Obst berichtet werden, welche mit Erdbeeren und Äpfeln angeführt wurden. Diese haben das Gemeinsame, daß die N-Zufuhr so minimal war, daß man sie geradezu als N-freie Kost bezeichnen möchte. Bei den Erdbeeren war so viel Zucker nebenbei aufgenommen worden, daß 80 Prozent der Kost aus Rohrzucker bestanden, im ganzen 1494 Reinkalorien für den Mann von 54.8 kg (eine sehr magere Persönlichkeit) = 27.3 Kalorien pro Kilo; es sind also etwa zwei Drittel des Bedarfs gedeckt gewesen.

Die Gesamt-N-Ausscheidung war pro Kilo

$$0.112 \text{ g N} = 0.700 \text{ g Protein} = 6.95 \text{ g N pro } 70 \text{ kg} \\ = 43.43 \text{ g Protein,}$$

für Harn-N + Stoffwechsel-N

$$0.087 \text{ g N} = 0.544 \text{ g Protein} = 5.57 \text{ g N pro } 70 \text{ kg} \\ = 34.80 \text{ g Protein,}$$

die Nahrungsaufnahme war

$$0.028 \text{ g N} = 0.175 \text{ g Protein} = 1.79 \text{ g N pro } 70 \text{ kg} \\ = 11.18 \text{ g Protein.}$$

Die Eiweißkalorien machen (für Harn- und Stoffwechsel-N) 3.75 Prozent aus. Diese Zahl liegt, ähnlich wie bei den Männern mit Kohlrübenkost, so tief, daß auch hier ein vorhergehender starker Eiweißverlust neben der Erhaltung von einigem Fettpolster vorliegen muß.

Ähnliche Resultate ergeben sich bei zwei Versuchspersonen, welche ausschließlich mit Äpfeln sich nährten. Bei Oehm betrug die Zufuhr 1408 Reinkalorien = 20.4 pro Tag, was etwa den Bedarf zur Hälfte deckte; bei Schönherr war die Zufuhr 1389 Kalorien = 19.8 Kalorien pro Tag. Die N-Zufuhr war verschwindend. Wir haben Gesamt-N-Ausscheidung pro Kilo

$$\text{bei Oehm} \dots \dots \dots 0.108 \text{ g N} = 0.670 \text{ g Protein} = 7.56 \text{ g N} \\ \text{pro } 70 \text{ kg} = 46.9 \text{ g Protein} \\ \text{„ Schönherr} \dots \dots \dots 0.115 \text{ g N} = 0.718 \text{ g Protein} = 7.05 \text{ g N} \\ \text{pro } 70 \text{ kg} = 50.26 \text{ g Protein,}$$

für Harn-N + Stoffwechsel-N
 bei Oehm 0.0928 g N = 0.576 g Protein = 6.45 g N
 pro 70 kg = 40.32 g Protein
 „ Schönherr 0.098 g N = 0.613 g Protein = 6.86 g N
 pro 70 kg = 42.81 g Protein,

die N-Aufnahme war
 bei Oehm 0.009 g N = 0.056 g Protein = 0.63 g N
 pro 70 kg = 3.92 g Protein
 „ Schönherr 0.008 g N = 0.056 g Protein = 0.56 g N
 pro 70 kg = 3.50 g Protein,

die Eiweißkalorien machten aus
 bei Oehm 4.13 Prozent
 „ Schönherr 4.38 „

G. R. B. Erdbeeren (fast nur Zuckerkalorien).

Tag	N in d. Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr	Bilanz
1.	2.98	7.23	2.73	9.96	-6.98
2.	2.98	4.96	2.73	7.69	-4.71
3.	2.98	4.25	2.73	6.98	-4.00
4.	2.98	3.49	2.73	6.22	-3.24

Äpfelversuch.

Tag	Oehm				Schönherr					
	N in der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr	Bilanz	N in der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Ausfuhr	Bilanz
1.	1.78	5.0	2.24	7.24	-5.46	1.71	5.6	2.36	7.96	6.25
2.	1.78	5.2	2.24	7.44	-5.66	1.71	5.1	2.36	7.46	5.75
3.	1.78	4.9	2.24	7.14	-5.63	1.71	6.0	2.36	8.36	6.65
4.	1.78	5.3	2.24	7.54	-5.76	1.71	5.2	2.36	7.56	5.85
5.	1.78	5.6	2.24	7.84	-6.06	1.71	5.0	2.36	7.36	5.65

Bei Oehm und Schönherr liegen auch Bestimmungen der Eiweißkalorien in anderen Fällen vor; sie geben

	Oehm	Schönherr
bei Kohlrüben	3.67	3.52
„ Äpfeln	4.13	4.38
„ Roggenbrot	4.93	4.32

Bei Kohlrüben und Äpfeln entspricht der gefundene Wert sozusagen einer eiweißfreien Kost, aber doch vielleicht nicht einem wirklichen N-Hungerversuch, weil besonders bei Äpfeln sehr reichlich Stoffwechselprodukte vorhanden waren, die möglicherweise auch die N-Ausscheidung im Harn beeinflussten.

Aus den Versuchen ergibt sich, daß unter den verschiedenen Personen, welche zu den Versuchen benutzt worden sind, in dem N-Verbrauch keine völlige Übereinstimmung besteht; man muß damit rechnen, daß aus individuellen Gründen der Eiweißverbrauch erheblich über dem Durchschnitt anderer Persönlichkeiten liegt. Die Zerealien unterscheiden sich darin, daß die Gerste mehr Eiweiß bei der Ernährung beansprucht als Roggen und Weizen, zwischen beiden letzteren scheint kein Unterschied vorhanden zu sein. Es ist nicht gelungen, bei allen Personen die alleiniger Brottütterung und trotz des herabgekommenen Zustandes die volle Eiweißernährung aufrecht zu erhalten, dazu ist der Roggen viel zu eiweißarm. Ein Gleichgewicht wäre erst nach weiterer lange dauernder Entweißung des Körpers bei den größeren Personen möglich gewesen. Mit der Kartoffel kann man auf einem N-Gleichgewicht nicht all-gemein verharren, bei kräftigen muskulösen Personen erst nach Eiweißverlust von erheblicher Menge.

Mit Gemüsen und Obst fällt jede Möglichkeit der Erhaltung auch auf einem Minimum weg. Bei dem Kohl war sogar der N-Verbrauch über die Norm gesteigert. Die N-Verluste sind zum Teil enorm und nicht etwa einem Verlust entsprechend, der den Minimalwerten des Verbrauches nach Hunger und bei Kohlehydratzufuhr entspricht.

Die aufgeführten Beispiele zeigen uns den N-Verbrauch bei verschiedenen Nahrungsmitteln, sie lassen aber das ganze Feld der natürlichen Nahrungsmittelkombinationen offen. Diese werden sowohl hinsichtlich der Kombination für den Effekt der Verdaulichkeit wie auch hinsichtlich des N-Verbrauches zu prüfen sein, denn man kann darauf gefaßt sein, daß die gebräuchlichen Kombinationen, wie sie sich volkstümlich entwickelt haben, möglicherweise die empirische Auswahl der zweckmäßigsten Zusammensetzung einer Kost darstellen, soweit wenigstens die gemischte Kost in Frage kommt. Das wird man noch im einzelnen in kommander Zeit aufzuklären haben. An die Ernährungsgesetze mit ihren idealisierten Trägern der Ernährung — Eiweiß, Fett, Kohlehydrate usw. — muß sich das Studium und die Erforschung der Bedeutung der einzelnen Nahrungsmittel anschließen; das Gebiet ist, soweit die Verdaulichkeit in Betracht kommt, einigermassen aufgeklärt. Daraus aber reiht sich logischerweise die eigentliche Nahrungswahl, die Bedeutung der einzelnen Speisen und ihre Gruppierung zur täglichen Kost. Ansehend begibt man sich damit auf ein Feld der Arbeit, das ungeheure Ausdehnung besitzt, es wird aber auch da möglich sein, die Vielheit der Erscheinungen in einzelnen großen Zügen zusammenzufassen. Wenn die Physiologie von diesem Gebiete erst wenig in den Kreis der Untersuchung gezogen hat, wie die Nahrungsverteilung auf die Mahlzeiten, den Begriff einer Mahlzeit überhaupt (wie in Volksküchen, bei der Schulspeisung und ähnlichem), so liegt das nicht an einem Mangel am Verständnis für diese Aufgabe, sondern in der Notwendigkeit, die Fundamente für ein solches Unternehmen vorerst sicherzustellen.

Anhang.

Tabelle I.

Nahrung	Person	N aufge- nommen	N-Harn	N-Kot	Summe	Bilanz
Roggen 80 %	L.	8-59	—	3-58	—	—
		11-25	6-34	—	9-92	+1-33
		10-10	5-14	—	8-72	+1-38
		11-91	7-34	—	10-92	+0-99
		9-01	6-30	—	9-88	-0-87
		9-35	6-13	—	9-71	-0-36
	Oe.	12-23	—	4-36	—	—
		11-74	6-51	—	10-87	+0-87
		12-11	7-17	—	11-53	+0-68
		10-34	6-08	—	10-44	-0-10
		10-04	5-04	—	9-40	+0-64
		9-74	4-00	—	8-36	+1-38
Sch.	8-18	—	3-30	—	—	
	8-64	5-60	—	8-90	-0-26	
	10-33	7-00	—	10-30	+0-03	
	7-92	5-74	—	9-07	-1-15	
	7-30	4-23	—	7-53	-0-23	
	7-06	5-31	—	8-61	-1-55	
Vollkorn	Oe.	13-91	7-45	4-95	12-40	+1-51
		11-05	4-03	—	8-98	+2-07
		16-66	5-18	—	10-13	+6-54
		12-14	8-57	—	13-52	-1-38
		14-71	7-43	—	12-38	+2-33
		10-43	7-86	—	12-81	-2-38
	Sch.	11-34	6-94	3-44	10-38	+0-96
		6-70	3-81	—	7-25	-0-55
		16-63	5-49	—	8-93	+7-70
		10-96	5-60	—	9-04	+1-92
		11-03	4-42	—	7-86	+2-17
		10-15	7-74	—	11-18	-1-03
Roggen 82 %	Oe.	12-24	6-05	4-80	10-85	+1-39
		12-43	7-07	—	11-87	+0-56
		11-64	6-46	—	11-21	+0-43
	Sch.	9-57	5-50	—	10-30	-0-73
		10-81	7-08	—	11-18	+1-07
		10-20	7-20	—	12-00	-2-80
Sch.	10-94	6-40	4-00	10-40	+0-54	
	11-97	6-23	—	10-23	+1-74	
	11-23	6-16	—	10-16	+1-07	
	11-30	6-66	—	10-66	+0-64	
	8-24	6-56	—	10-56	-2-22	
	—	—	—	—	—	

Tabelle I. (Fortsetzung.)

Nahrung	Person	N aufge- nommen	N-Harn	N-Kot	Summe	Bilanz
Roggen 82 % + Kart.	Oe.	10-75	6-85	4-36	11-21	-0-46
		9-58	5-91	—	10-27	-0-69
		10-11	5-91	—	10-27	-0-16
		8-94	6-02	—	10-38	-1-44
		9-13	5-94	—	10-30	-1-17
		8-65	6-52	—	10-88	-2-33
	Sch.	9-95	6-79	4-60	11-39	-1-44
		9-73	5-38	—	9-98	-0-15
		10-09	4-84	—	9-44	+0-65
		8-69	4-90	—	9-50	+0-81
		9-56	5-32	—	9-92	-0-36
		7-45	4-96	—	9-56	-2-11
Roggen 65 %	Oe.	9-43	7-45	3-25	10-70	-1-27
		8-51	5-70	—	8-95	-0-44
		5-90	5-15	—	8-40	-2-50
		9-01	6-57	—	9-82	-0-81
		8-52	5-18	—	8-43	+0-09
		7-69	5-24	—	8-49	-0-80
	Sch.	8-98	7-36	2-47	9-83	-0-85
		7-94	4-77	—	7-24	+0-70
		5-20	5-07	—	7-04	-1-84
		5-70	5-27	—	7-74	-2-34
		7-26	5-91	—	8-38	+1-12
		5-51	4-00	—	6-47	-0-96
Roggen 65 % + Kart.	Oe.	6-35	8-09	3-25	11-34	-4-99
		8-08	4-73	—	7-97	+0-11
		6-93	5-11	—	8-36	-1-43
	Sch.	7-29	5-49	—	8-74	-1-45
		6-59	5-78	—	9-03	-2-44
		6-55	4-77	—	8-02	-1-47
Sch.	7-17	6-57	2-80	9-37	-2-20	
	6-42	5-00	—	7-80	-1-38	
	6-92	5-43	—	8-13	-1-21	
	5-89	5-04	—	7-84	-1-95	
	7-71	4-86	—	7-66	+0-05	
	6-50	3-95	—	5-75	+0-75	

Tabelle II. Proviant mit 94% + 6 Nachmehl.

Tag	Roofls			Kollmann		
	Harn-N	Kot-N	Summe	Harn-N	Kot-N	Summe
1.	8-4	4-71	13-11	7-8	4-47	12-27
2.	8-5	—	11-32	7-9	—	12-37
3.	7-0	—	11-32	7-2	—	11-67
4.	6-8	—	11-51	6-9	—	11-37
5.	6-8	—	11-32	5-7	—	10-17
6.	7-1	—	11-81	6-8	—	11-27
7.	6-5	—	11-21	6-6	—	11-07
			11-32			11-07
			+0-11			+0-04
			Mittel: 6-99			11-46
						-0-35

Tabelle III.
94% Ausmahlung. Proviantamt.

Tag	Roofls				Kollmann					
	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz
1.	6.2	4.07	10.27	10.54	—	7.3	3.88	11.18	10.89	—
2.	6.8		10.87		—	7.0		11.88		—
3.	5.2		9.27		—	7.1		10.98		—
4.	5.3		9.37		—	6.7		10.68		—
5.	5.4		9.47		—	6.5		10.88		—
6.	5.7		9.77		—	6.6		10.48		—
7.	6.5		10.57		—	6.8		10.68		—
Mittel:	5.84	4.07	9.94	10.54	+0.60	7.00	3.88	10.88	10.89	+0.01

Tabelle IV.
90% Ausmahlung. Backhaus.

Tag	Roofls				Kollmann					
	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz
1.	10.1	4.38	14.88	9.22	-5.27	7.2	4.14	11.34	10.56	-0.78
2.	8.4		12.78	10.08	-2.70	7.8		11.94	10.77	-1.17
3.	7.5		11.58	11.25	-0.63	7.8		11.94	11.34	-0.60
4.	7.2		11.58	10.35	-1.03	7.8		11.94	11.97	+0.03
5.	6.1		10.48	10.92	-0.44	7.7		11.84	11.65	-0.21
6.	6.4		10.78	11.58	+0.74	7.2		11.34	12.22	-1.12
7.	6.3		10.68	9.89	-0.59	6.0		10.14	10.59	+0.45
Mittel:	7.43	4.38	11.81	10.47	-1.34	7.36	4.14	11.50	11.06	-0.44

Tabelle V.
94% Ausmahlung. Roggen. Backhaus.

Tag	Roofls				Kollmann					
	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz
1.	7.0	4.39	11.39	11.82	+0.43	7.5	3.94	11.44	10.78	-0.66
2.	6.9		11.29	11.50	+0.21	6.9		10.84	11.08	+0.24
3.	7.1		11.49	11.55	+0.06	7.0		10.94	11.01	+0.17
4.	7.5		11.89	12.11	+0.23	6.4		10.34	11.16	+0.82
5.	7.3		11.69	10.70	-0.99	6.4		10.34	10.93	-0.53
6.	7.9		12.29	11.84	-0.45	7.21		11.14	10.61	-0.53
7.	6.8		11.19	10.07	-0.92	5.8		9.74	11.85	-2.11
Mittel:	7.21	4.39	11.60	11.39	-0.21	6.77	3.94	10.71	11.08	+0.37

Tabelle VI.
94% Ausmahlung. Klopferbrot.

Tag	Kollmann				Roofls					
	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz	Harn-N	Kot-N	Summe	N aufgenommen	Bilanz
1.	7.2	3.93	—	11.45	—	4.30	5.40	9.70	11.10	—
2.	8.0	—	—	22.99	—	6.20	—	11.60	14.24	—
3.	7.0	—	—	13.28	—	5.00	—	10.40	14.44	—
4.	6.2	—	—	13.33	—	7.20	—	12.60	14.04	—
5.	5.2	—	—	10.82	—	4.50	—	9.90	10.71	—
6.	5.4	—	—	9.18	—	5.20	—	10.60	9.57	—
Mittel:	6.50	3.93	10.43	11.54	+1.40	5.4	5.40	10.50	12.35	+1.55