

Es läßt sich berechnen, wieviel von den Ausscheidungen auf Stoffwechselprodukte und wieviel auf wirklich Unverdautes trifft.

Ausgeschieden wurden 28·15 g organische Kotbestandteile	=	162·2 Kal.
davon 5·57 g Zellmembran, pro 1 g habe ich gefunden 3·955 Kal.	= 22 kg.-cal.	
außerdem war vorhanden 0·55 g Pentosan frei = × 3·9 Kal.	= 2·1 „	
und noch 5·5 g unverdautes Eiweiß × 5·8	= 31·9 „	
Summe		56·0 kg.-cal. 56·0
bleiben für Stoffwechselprodukte		106·2 Kal.

Im Verhältnis zu den täglich aufgenommenen Kal. = 1278 kommen also 8·31 Prozent auf Stoffwechselprodukte und das Verhältnis des Gesamtverlustes des Kotes zu den Kalorien aus Stoffwechselprodukten ist 100 : 65·41. Die Hauptmasse der Verluste ist hier wie in allen anderen bis jetzt untersuchten Fällen die Masse der Stoffwechselprodukte, nicht das Unverdaute. Die Menge der Stoffwechselprodukte ist im Verhältnis zu der verzehrten Nahrung groß.

Die Menge der pro Tag verdauten Zellmembran betrug 88·4 g, was immerhin einen Verbrennungswert von 349·6 Kal. ausmacht, im Verhältnis namentlich zu den 1278 Kal. Tagesaufnahme sogar über $\frac{1}{4}$. Daß die berechneten 349·6 Kal. als Zellmembran aber etwa isodynam mit entsprechender Menge von Zucker und Stärke seien, ist ganz gewiß auszuschließen. Vorläufig habe ich keinen Anhaltspunkt, ob ihnen überhaupt ein nennenswerter Nährwert zukommt. Die nächste Versuchsreihe wird Anhaltspunkte zur Beurteilung dieser wichtigen Frage geben.

Über die Verdaulichkeit des Wirsingkohles.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Im Jahre 1878 habe ich an einem Vegetarianer Dr. Br. einen Versuch über die Verdaulichkeit des Wirsingkohles ausgeführt. Der Wirsing wurde als Gemüse mit Fett zubereitet genossen. Die Versuchsperson nahm 3 Tage lang je 3824 g frischen Wirsing auf. = 406 g Trockensubstanz, mehr konnte sie nicht bewältigen. Das Ergebnis der Ausnutzung war nicht günstig im Verhältnis zu den animalischen Nahrungsmitteln und manchen vegetabilischen. Es wurden verloren 14·9 Prozent der Trockensubstanz und 14·1 Prozent der aschefreien Substanz, 18·5 Prozent an N und 15·4 Prozent an Kohlehydraten (inkl. Rohfaser uws.). Die Menge der organischen Trockensubstanz in den Ausscheidungen betrug pro Tag 59·2 g, eine erhebliche Menge im Verhältnis zu gut resorbierbarem Material.

Ein zutreffendes Bild der Verdaulichkeit erhält man nach dieser Untersuchung nicht, mehr eine allgemeine Charakteristik. Damals bei Ausführung des Versuchs, waren die Gesichtspunkte, die heute in Frage stehen, nicht bekannt. Ich habe daher einen neuen Versuch mit Wirsing angestellt, dessen Ergebnisse nachfolgend berichtet werden.

Über die Zusammensetzung des Wirsingkohles habe ich in dieser Zeitschrift 1915 S. 230 Angaben gemacht. Er enthält ziemlich viel Zellmembran, 27 bis 29 Prozent. Die Menge der sogenannten N-freien Extraktstoffe ist daher viel geringer als man bisher angenommen hat. Die Zellmembran weicht wenig von den Mittelwerten für Blattgemüse ab, enthält rund 42 Prozent Zellulose, die Pentosane sind größtenteils in der Zellmembran gebunden. Das Protein hängt nicht so innig mit der Zellmembran zusammen wie bei den Brotfrüchten, der Preßsaft ist reichlich und enthält 56·4 Prozent der überhaupt — von der Zellmembran abgesehen — vorhandenen organischen Stoffe, auch Pentosen gehen in diesen Zellsaft über.

Als Versuchsperson diente derselbe Mann (Soldat), der den im vorhergehenden berichteten Versuch mit gelben Rüben an sich ausge-

führt hatte. Doch zeigte sich auch hier die oft von mir schon berührte Grenze solcher Versuche.

Tabelle I.

Datum	Versuchs- tag	Nahrung	Urin ccm	N g	Zeit	Kot, Aussehen	g feucht	g trocken	
15. VII. 16	—	3 Liter Milch, 386 g Käse							
16. VII.	1.	2500 g Kohl fr., 40 g Mehl	1820	15.88					
17. VII.	2.	4500 g Kohl, 80 g Mehl	2420	15.89	12 ^h 30'	gute Abgren- zung, kleiner Rest Milch- kot, Knollen im Versuchs- kot.	94	10	99 g trocken Wir- singkot I.
18. VII.	3.		1980	15.82	4 15		226	42	
19. VII.	4.		1500 g Kohl fr., davon zurückge- wogen 1294 g ge- kocht ¹	1920	12.90		11 00	199	
20. VII.	—	3 Liter Milch, 378 g Käse					50	13	
21. VII.	—	—			2 45	Schluß- abgrenzung nicht ganz scharf	74	21	= Wir- singkot II.

Die Nahrung bestand aus Wirsingkohl, der mit kleinen Mengen Mehl verkocht wurde. Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich der Verlauf des Versuches.

An drei aneinanderfolgenden Tagen war die Aufnahme 2500 bis 2250 g Wirsing mit je 40 g feinem Mehl. Am 4. Tag versagte die Versuchsperson, sie konnte sich nicht mehr überwinden, das Gemüse weiter zu essen; der letzte Tag war also sozusagen ein Hungertag. Die Einnahmen wurden für die Verrechnung auf 4 Tage verteilt.

Im Tag wurden aufgenommen	154.2 g Trockensubst. = 544.0 kg-cal.
31.2 g Mehl	28.1 „ „ 113.6 „
	182.3 „ „ 657.6 „

Organische Substanz $136.9 + 27.5 = 164.4$ (im Mehl 0.58 g N und 0.92 g Zellmembranen).

Das Unvermögen, mehr Nahrung aufzunehmen, beruht auf dem völlig Abgegessensein. Die Gemüse haben zwar ausgeprägte Riech- und Ge-

¹ In der zurückgewogenen Substanz wurden N-Bestimmungen zur Berechnung der gegessenen Portion ausgeführt.

schmackstoffe, aber nicht solche von dauernder Wirkung, sie sind uns dem Wesen nach nicht zusagend, nicht wie jene von Brot oder Fleisch, an denen man sich nicht abißt.

Der Kot hatte kein auffälliges Aussehen, er war braungrün und enthielt reichlich Farbstoff aus der Nahrung.

Der verwendete Wirsingkohl war sehr reich an Zellmembran (30.1 Prozent), im allgemeinen gehört dieser Kohl zu den N-reichen Gemüsen. Nach meinen Bestimmungen enthält eine andere Probe als die oben verzehrte von 0.308 g N 0.181 Amid-N, also 58.7 Prozent von letzterem.

Die Zusammensetzung der verzehrten Probe ergibt sich aus folgender Tabelle:

Tabelle II.

Zusammensetzung des Wirsingkohles.

	In 100 Teilen trocken	In 154.2 g Trockensubstanz pro Tag
Asche	11.25	17.33
Organisch	88.75	136.87
Pentosen	10.85 = 9.58 Pentosan	16.73 = 15.19 Pentosan
N	5.76 = 36.02 Rohprot.	8.88
Zellulose	13.64	21.03
Zellmembran	30.08 mit 5.65 g Pent.	46.38 mit 8.71 Pentosan
Restsubstanz	10.79	16.64
Fett	(5.50)	(8.48)
Verbrennungswärme	352.9	544.0

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Zellulose	45.31
Pentosan	18.78
Rest	35.91

Der Fettgehalt ist nach einer anderen Analyse ergänzt. Von dem Pentosan ist ein wesentlicher Teil in der Zellmembran enthalten. Zieht man alle näher bestimmten Stoffe von der organischen Substanz ab, so bleibt für N-freien Extrakt wenig übrig, nur 13.22 Prozent. Die Art der Zellmembran entsprach ziemlich dem früher angegebenen Mittelwert.

Über die Zusammensetzung der Ausscheidungen ergibt nachfolgende Tabelle Aufschluß (siehe Tab. III).

Die Ausscheidungen bestanden zu 13.8 Prozent aus Zellmembran, in üblicher Zusammensetzung, d. h. mit einem reichlicheren Zellulosegehalt wie die Zufuhr.

Tabelle III.

Zusammensetzung des Kotes.

	In 100 Teilen Trockensubstanz	In 39.12 g Kot pro Tag
Asche	16.92	6.62
Organisch	83.08	32.50
Pentosen	9.27 = 8.18 g Pentosan	3.63 = 3.20 g Pentosan
N	6.10	2.39
Zellulose	6.93	2.71
Zellmembran	13.85 mit 2.63 g Pentosan	5.42 mit 1.03 g Pentosan
Restsubstanz	4.29	1.68
Fett	13.19	5.16
Verbrennungswärme	500.3	195.6

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Zellulose	49.31
Pentosan	18.91
Restsubstanz	31.78

Betrachtet man nur die rohen Ergebnisse, so läßt sich auch der ältere Versuch mit heranziehen, die Kalorien habe ich dabei nach Maßgabe des vorliegenden Versuches berechnet. Der Kot liefert hier pro 1 g organisch 6.021 Kal., was mit meinen sonstigen Feststellungen gut übereinstimmt, der Kot hat also nicht den Charakter von Ausscheidungen, die etwa durch viel Unverdautes verändert sind. Auch daran allein erkennt man, daß auch hier eine ungünstige Resorption nicht vorliegt, das besagt ja auch der geringe Zellmembrangehalt.

Das Ergebnis lautet für den Versuch berechnet:

	Neuer Versuch	Älterer Versuch
organische Substanz	19.16 Prozent	14.1 Prozent
N	25.26 „	18.5 „
Kal.	29.74 „ ¹	25.33 „ ²

Somit wäre hier der Verlust in jeder Richtung etwas größer gewesen. Doch wird nur die nähere Betrachtung der Ergebnisse Aufklärung bringen können. Beschäftigen wir uns zunächst mit dem Verhalten der Zellmembran

¹ Inklusive Mehl.

² 354 Organisches in der Aufnahme \times 3.974 Kal. = 1407 pro Tag; Kot 59.2 g Organisch \times 6.022 = 356.4 Kal.

Zu Verlust gegangen sind:

an Gesamtpentosen	20.50 Prozent
an Zellmembran	11.68 „
an Zellulose	12.93 „
an Pentosen der Zellmembran	11.81 „
an freien Pentosen	33.48 „

Die Zellmembran wird also ausgezeichnet resorbiert, ich erinnere im Gegensatz dazu an die recht dürftige Ausnutzung des Spinates bei Kindern, der obschon Zusammensetzung und Art der Zellmembran zwischen ihm und Wirsing eine weitgehende Annäherung zu erwarten erlaubte, kaum aufgenommen wurde. Man muß annehmen, daß der kindliche Darm nicht im entferntesten das geleistet hat, was uns hier bei dem Manne als Resorptionsgröße entgegentritt. Der reiche Zellmembrangehalt der Wurzel- und Blattgemüse verhält sich bei Erwachsenen offenbar grundverschieden von der schlechten Verdaulichkeit der Frucht- und Samenschale des Getreidekornes.

Die Menge der im Tag resorbierten Zellmembran betrug rund 41 g — also eine recht erhebliche Menge. Interessant ist das Verhalten der N-Ausscheidung. Da der Wirsingkohl so sehr arm an echten Kohlehydraten ist und offenbar auch die Zellmembran Umwandlungen im Darm erleidet, deren Produkte nicht alle zu den Kohlehydraten gehören, verhielt sich die Versuchsperson, als wenn sie — von den kleinen Mehlmengen abgesehen — nur mit einer eiweißhaltigen Kost gefüttert worden wäre, die N-Ausscheidung bleibt hoch und fällt nur an dem 4. Tag, der ja als Hungertag aufgefaßt werden kann, ab. Eine Kohlehydratwirkung auf die Eiweißzersetzung geben derartige Gemüse nicht.

Pro Tag wurden im Harn	15.86 g N
im Kot	2.39
im ganzen	18.25 g N ausgeschieden.
Zufuhr an N	8.88
Verlust	9.37 g

Der sehr muskelreiche, gut genährte Mann gab also im Mittel der drei Tage bei voller Wirsingkost 9.37 g N pro Tag vom Körper ab (unberechnet die N-Abgabe durch die Haut). Ähnlich verhielt sich auch die Person in meinen früheren Versuch, die

20.0 g N täglich ausschied
bei 13.2 g N Zufuhr
also 6.8 g pro Tag verlor.

Die nächste theoretisch wie praktisch wichtigste Frage bezieht sich auf die Bildung von Stoffwechselprodukten. Ist die mangelhafte Resorption auf den Verlust an Zellmembran oder auf Stoffwechselprodukte zu beziehen?

Pro Tag wurden im Kot ausgeschieden	195·6 Kal.
bestimmt wurden als Verlust 5·42 g Zellmembran ¹	
5·42 g Zellmembran × 3·956 =	21·44 Kal.
2·2 g Pentosane × 3·9	8·58
3·00 Protein × 5·8	17·40
	<u>47·4 Kal.</u>
auf Stoffwechselprodukte treffen:	148·2 Kal.

Die Zufuhr pro Tag war inkl. Mehl 657·6 Kal., also Verlust an Stoffwechselprodukten 22·55 Prozent. Dieser Wert ist als enorm hoch zu bezeichnen, wenn man ihn mit den Verhältnissen bei den animalischen Nahrungsmitteln und den gut resorbierbaren vegetabilischen Nahrungsmitteln vergleicht. Die Stoffwechselprodukte machen hier 75·7 Prozent der Kotmasse aus, also mehr als sonst beobachtet wurde.

Einen geringen Einfluß muß aber der Umstand geübt haben, daß der 4. Versuchstag sozusagen fast ein Hungertag war, wodurch zu den 3 Tagen mit voller Ernährung noch ein Mehr von Stoffwechselprodukten vom 4. Tag hinzukam. Das wird auch bei dem Vergleich zwischen den Ergebnissen meines früheren Versuchs und des vorliegenden (s. weiter unten) zu berücksichtigen sein. Bei den Mohrrüben waren bei dem gleichen Manne nur 106·2 Kal. an Stoffwechselprodukten und in Prozent nur 8·31 Prozent gekommen. In geringem Maße mögen hier die reichlichen Pflanzenfarbstoffe, welche im Kot ausgeschieden wurden, Einfluß geübt haben, doch erklärt dies nicht die großen Verluste. Man muß also annehmen, daß von diesen Gemüsen eine besondere Wirkung als Anreiz der Darmdrüsen ausgeübt wurde.

Die N-Ausscheidung im Kote war	2·39 g pro Tag
in der Zellmembran im Kot waren noch enthalten	0·47 g N
also für Stoffwechselprodukte	<u>1·92 g N pro Tag</u>

Der N-Verlust der Nahrung war bei 8·88 g Zufuhr und 0·47 g N-Verlust 5·28 Prozent, wovon freilich über die Hälfte der Zufuhr als Amid-N d. h. als unmittelbar resorbierbar in Anrechnung zu bringen wäre. Die Hauptmasse des N-Verlustes bezog sich also auf die Stoffwechselprodukte.

¹ Ich nehme hier den Wert für die Zellmembran der gelben Rüben $1\text{ g} = 3·956$.

Die Verdaulichkeit der Kohlrüben beim Menschen.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Von den Wurzelgemüsen habe ich in dieser Zeitschrift die Mohrrübe und ihre Verdaulichkeit nach neu angestellten Versuchen, die sich auf eine genaue Analyse des Kotes gründen, näher behandelt, ich bin dabei zu dem in erster Linie überraschenden Resultat gekommen, daß die Zellmembranen der Mohrrüben, obschon sehr reichlich vertreten, ungemein gut verdaulich sind, wodurch sich die Bedeutung der Mohrrübe als Nährmaterial günstiger stellt, als man nach den Ergebnissen über die Verdaulichkeit der Zellmembranen bei dem Getreide, Weizen wie Roggen, hätte erwarten sollen. Auch für den Wirsing hatte sich für den Erwachsenen ganz Ähnliches herausgestellt, während die Verhältnisse für den Spinat beim kindlichen Darm wenig günstige waren.

Ich kann nicht annehmen, daß die gute Resorption oder Auflösung der Zellmembran bei Mohrrüben und Wirsing nur etwa ein Zufall gewesen sei, der mir eine Person mit einem individuell besonders entwickelten Auflösungsvermögen für Zellmembranen in die Hände gespielt hat, ich habe aber doch eine sich bietende Gelegenheit benutzt, an einem weiteren Wurzelgemüse — der Kohlrübe — Versuche auf diesem Gebiete anzustellen und zwar an zwei gesunden Männern (Soldaten), die in wochenlangen anderen Experimenten unter anderen auch mit Broternahrung in ihrer Art zu verdauen, mir gründlich bekannt und außerdem in diesen Versuchen jetzt sehr geübt waren.

Die Kohlrübe ist ja plötzlich zwangsweise zur Ernährung benutzt worden, seitdem im Winter 1916/17 sonderbarerweise für die Stadtbevölkerung nicht mehr genügende Mengen Kartoffeln geliefert wurden. Die Kohlrübe gehört nach ihren Geschmacksqualitäten zu den wenigst gesuchten Rübenarten, sie wird dort verzehrt, wo sie gut wächst und diente mehr als Viehfutter als zur menschlichen Kost. Ihr hoher Wassergehalt (Trockensubstanz Mittel 11·1 Prozent) unterscheidet sich ja auch von vielen verwandten

Die nächste theoretisch wie praktisch wichtigste Frage bezieht sich auf die Bildung von Stoffwechselprodukten. Ist die mangelhafte Resorption auf den Verlust an Zellmembran oder auf Stoffwechselprodukte zu beziehen?

Pro Tag wurden im Kot ausgeschieden	195·6 Kal.
bestimmt wurden als Verlust 5·42 g Zellmembran ¹	
5·42 g Zellmembran × 3·956 =	21·44 Kal.
2·2 g Pentosane × 3·9	8·58
3·00 Protein × 5·8	17·40
	<u>47·4 Kal.</u>
auf Stoffwechselprodukte treffen:	148·2 Kal.

Die Zufuhr pro Tag war inkl. Mehl 657·6 Kal., also Verlust an Stoffwechselprodukten 22·55 Prozent. Dieser Wert ist als enorm hoch zu bezeichnen, wenn man ihn mit den Verhältnissen bei den animalischen Nahrungsmitteln und den gut resorbierbaren vegetabilischen Nahrungsmitteln vergleicht. Die Stoffwechselprodukte machen hier 75·7 Prozent der Kotmasse aus, also mehr als sonst beobachtet wurde.

Einen geringen Einfluß muß aber der Umstand geübt haben, daß der 4. Versuchstag sozusagen fast ein Hungertag war, wodurch zu den 3 Tagen mit voller Ernährung noch ein Mehr von Stoffwechselprodukten vom 4. Tag hinzukam. Das wird auch bei dem Vergleich zwischen den Ergebnissen meines früheren Versuchs und des vorliegenden (s. weiter unten) zu berücksichtigen sein. Bei den Mohrrüben waren bei dem gleichen Manne nur 106·2 Kal. an Stoffwechselprodukten und in Prozent nur 8·31 Prozent gekommen. In geringem Maße mögen hier die reichlichen Pflanzenfarbstoffe, welche im Kot ausgeschieden wurden, Einfluß geübt haben, doch erklärt dies nicht die großen Verluste. Man muß also annehmen, daß von diesen Gemüsen eine besondere Wirkung als Anreiz der Darmdrüsen ausgeübt wurde.

Die N-Ausscheidung im Kote war	2·39 g pro Tag
in der Zellmembran im Kot waren noch enthalten	0·47 g N
also für Stoffwechselprodukte	<u>1·92 g N pro Tag</u>

Der N-Verlust der Nahrung war bei 8·88 g Zufuhr und 0·47 g N-Verlust 5·28 Prozent, wovon freilich über die Hälfte der Zufuhr als Amid-N d. h. als unmittelbar resorbierbar in Anrechnung zu bringen wäre. Die Hauptmasse des N-Verlustes bezog sich also auf die Stoffwechselprodukte.

¹ Ich nehme hier den Wert für die Zellmembran der gelben Rüben 1 g = 3·956.

Die Verdaulichkeit der Kohlrüben beim Menschen.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Von den Wurzelgemüsen habe ich in dieser Zeitschrift die Mohrrübe und ihre Verdaulichkeit nach neu angestellten Versuchen, die sich auf eine genaue Analyse des Kotes gründen, näher behandelt, ich bin dabei zu dem in erster Linie überraschenden Resultat gekommen, daß die Zellmembranen der Mohrrüben, obschon sehr reichlich vertreten, ungemein gut verdaulich sind, wodurch sich die Bedeutung der Mohrrübe als Nährmaterial günstiger stellt, als man nach den Ergebnissen über die Verdaulichkeit der Zellmembranen bei dem Getreide, Weizen wie Roggen, hätte erwarten sollen. Auch für den Wirsing hatte sich für den Erwachsenen ganz Ähnliches herausgestellt, während die Verhältnisse für den Spinat beim kindlichen Darm wenig günstige waren.

Ich kann nicht annehmen, daß die gute Resorption oder Auflösung der Zellmembran bei Mohrrüben und Wirsing nur etwa ein Zufall gewesen sei, der mir eine Person mit einem individuell besonders entwickelten Auflösungsvermögen für Zellmembranen in die Hände gespielt hat, ich habe aber doch eine sich bietende Gelegenheit benutzt, an einem weiteren Wurzelgemüse — der Kohlrübe — Versuche auf diesem Gebiete anzustellen und zwar an zwei gesunden Männern (Soldaten), die in wochenlangen anderen Experimenten unter anderen auch mit Broternahrung in ihrer Art zu verdauen, mir gründlich bekannt und außerdem in diesen Versuchen jetzt sehr geübt waren.

Die Kohlrübe ist ja plötzlich zwangsweise zur Ernährung benutzt worden, seitdem im Winter 1916/17 sonderbarerweise für die Stadtbevölkerung nicht mehr genügende Mengen Kartoffeln geliefert wurden. Die Kohlrübe gehört nach ihren Geschmacksqualitäten zu den wenigst gesuchten Rübenarten, sie wird dort verzehrt, wo sie gut wächst und diente mehr als Viehfutter als zur menschlichen Kost. Ihr hoher Wassergehalt (Trockensubstanz Mittel 11·1 Prozent) unterscheidet sich ja auch von vielen verwandten