

Die Verdaulichkeit der Kohlrüben beim Menschen.

O e h m.

Tag	N der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Aufnahme	Bilanz
1.	2·1	9·6	1·71	11·31	— 9·2
2.	2·1	8·4	1·71	10·1	— 8·0
3.	2·8	6·5	1·71	8·2	— 5·4
4.	2·1	5·8	1·71	7·5	— 5·4
5.	2·1	3·9	1·71	5·6	— 3·5

Schönherr.

Tag	N der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe der Aufnahme	Bilanz
1.	2·1	7·0	1·41	8·41	— 6·3
2.	2·1	7·0	1·41	8·4	— 6·3
3.	2·1	7·3	1·41	8·7	— 6·6
4.	2·8	4·4	1·41	5·8	— 3·0
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	6·3	— 3·5

pro Tag gar keine Bedeutung. Die Versuchspersonen befanden sich ungefähr im Zustande des Eiweißhungers. Mann Oe. büßte in 5 Tagen 31·5 g N (ohne N-Verlust durch die Haut) und Mann Sch. 33·1 g N ein. Der Kalorienwert aller Nahrung betrug 1020 bis 1040 Kal. im Tag. Nach Abzug der Kotkalorien verblieben als verwendbar 857 bis 891 Kal. Die Personen haben also reichlich Fett eingeüßt. Außerdem sind unter der berechneten Nahrung 30·7 bzw. 33·3 g resorbierte Zellmembran (12 bis 13 Kal. entsprechend), die man als vollwertige Nährstoffe nicht ansehen kann, wenn schon dieser Umstand wenig ins Gewicht fällt.

Über die Verdaulichkeit der Erdbeeren und der Äpfel beim Menschen.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Das Obst habe ich seiner Hauptmasse nach stets als ein wesentliches Mittel zur Hebung der Geschmacksqualitäten einer Beköstigung betrachtet, während man den energetischen Wert der im Durchschnitt verzehrten Obstmenge bei unserer Bevölkerung nur sehr bescheiden veranschlagen kann. Speziell bei dem Städter ist Obst, von wenigen Sommermonaten abgesehen, mehr ein Genußmittel als eine quantitativ beachtenswerte Beisteuer zum Unterhalt. Ähnliches gilt selbst von den Trockenkonserven und den in Zucker eingemachten Früchten, deren Genuß schon einen gewissen Wohlstand voraussetzt.

Über die Gesamtbedeutung des Obstes in der Volksernährung bestehen ganz übertriebene Vorstellungen; Inlandsprodukte und Import zusammen genommen lieferten vor dem Krieg etwa 84 Kal. pro Kopf und Tag, davon sind $\frac{3}{4}$ im Krieg geblieben, also 63 Kal., deren Menge auch bei sorgsamster Kultur sich nicht plötzlich vermehren läßt, denn zur Hebung der Obstkultur gehört vor allem Zeit.

Auch dort, wo man frei von pekuniären Rücksichten Obst in jeder Form genießen kann, stehen gewisse Eigentümlichkeiten einer zwanglosen Verwendung im Wege.

Je nach der Art des Magens wird Obst wegen seines mitunter hohen Säuregrades oft recht schlecht vertragen oder es kann dann nur in kleinen Mengen aufgenommen werden. Weiter kennt man viele Fälle, in denen Rohobst wegen der abführenden Wirkung vermieden werden muß. Solche Einflüsse kommen auch bei vorher getrocknetem Obst vor, ja sie werden bei diesen mitunter, wie bei den getrockneten Pflaumen, noch hervortretender. Auch der gegenteilige Einfluß kommt vor, eine stark stopfende Wirkung,

solehe habe ich bei Haselnußfütterung beim Hund und C. Thomas bei Bananenfütterung am Menschen gesehen.

Daraus folgt, daß die Bedeutung als Nahrungsmittel einer weitgehenden Beschränkung unterworfen ist. Nach meinen Erfahrungen werden auch bei Leuten mit reichlichen regelmäßigem Obstgenuß wohl kaum mehr als $\frac{1}{10}$ des Nahrungsbedarfes im Durchschnitt von Wochen oder Monaten durch dasselbe erreicht.

Die Hauptnährstoffe des Obstes sind die leicht aufnehmbaren Zucker, dann die organischen Säuren, welche die erfrischende durststillende Wirkung haben, das Eiweiß ist außerordentlich spärlich vorhanden. Soweit meine Untersuchungen reichen, wiegt das Protein gegenüber amidartigen Stoffen vor. Behauptungen, wie die in der Kriegszeit gehörten, daß Obst ja Fleisch ersetzen könne, sind Dinge, über welche Worte zu verlieren, unnötig ist; gehören doch die Obstarten, von den Nüssen abgesehen, zu den an N allerärmsten Nahrungsmitteln.

Als Volksnahrungsmittel kommt nur die Banane in einigen Teilen der Tropenländer in Betracht. C. Thomas hat darüber eingehende Experimente an sich selbst angestellt.¹ Die Banane nimmt eine Ausnahmestelle ein, insofern sie im unreifen Zustand $\frac{4}{5}$ ihres Trockengewichtes an Stärke enthält und dann roh allerdings sehr schlecht verdaulich ist, weil die rohe Stärke nur unvollkommen aufgeschlossen wird. In reifem Zustande enthält sie Zucker, wodurch sich ihre Verdaulichkeit hebt. Obschon die Banane zu den gehaltvollen Obstsorten gehört, war es nicht möglich, für eine kräftige Persönlichkeit und bei gutem Körperbestand in ein N-Gleichgewicht und auf eine genügende Kalorienzufuhr zu kommen.

Im günstigsten Falle war der Verlust bei der Verdauung:

7.7	Prozent	Trockensubstanz,
8.93	„	der Kalorien,
54.44	„	des N. ²

Keine andere, zumal keine bei uns vorkommende Frucht erreicht eine ähnliche Bedeutung, wie sie die Banane in den Tropen besitzt. Die schlechte Verdaulichkeit der unreifen stärkehaltigen Banane, wobei 97.34 Prozent des Stärkemehls wieder mit dem Kot entleert werden, kann durch Dämpfen und Braten, wobei die Stärke verkleistert wird, aufgehoben werden. Von einheimischen Früchten habe ich die Haselnußkerne einer näheren Untersuchung, allerdings vorläufig nur beim Hunde, unterzogen und gefunden, daß die Zellmembranen außerordentlich gut resorbiert werden, und daß auch

¹ *Dies Archiv.* 1910. Physiol. Abtlg. Sep.-Expl. S. 29.

² *Ebenda.* 1910. Physiol. Abtlg. S. 33.

die Eiweißstoffe bis auf wenige Prozente durch die Verdauung aufgenommen werden, ich trage keine Bedenken, dies auf die verwandten Walnüsse zu übertragen. Doch gilt dies nur für gut zerkleinertes Material.¹ Bei dem hohen Proteingehalt von 19.44 Prozent der Trockensubstanz und 67.72 Prozent Fett gehören also die Nußkerne zu den Mitteln, welche sonst N-arme vegetabilische Kost an Eiweiß anzureichern in der Lage sind. Praktisch betrachtet, sind freilich die Nüsse als Nahrungsquelle der Bevölkerung so gut wie belanglos; wenn man die Ernten auch recht hoch einschätzt, kommt wohl kaum mehr als 0.8 g Nußfett und 0.2 bis 0.3 g Protein pro Kopf und Tag der Bevölkerung und keine Steigerung des Ertrages vermag nennenswert mehr zu liefern. Damit ist ungefähr erschöpft, was wir über die Verdaulichkeit am Obst bisher auf Grund von besonderen darüber angestellten Versuchen wissen.

Es ist in hohem Maße auffallend, daß gerade die Vertreter besonders eigenartiger Ernährungssysteme, die auf das Obst bei der Ernährung zurückgreifen, so gar nichts zur wirklichen experimentellen Erkenntnis der Verdaulichkeit solcher Nahrungsmittel beigetragen haben. Was wir bisher wissen, ist gelegentlich von den physiologischen Laboratorien festgestellt worden. So ist es selbst mit dem ältesten der besonderen Ernährungssysteme, mit dem Vegetarismus, gewesen. Die ersten Versuche über die Verdaulichkeit von Gemüse habe ich an einem Vegetarianer angestellt, später habe ich die Verdaulichkeit des Brotes der englischen Wholemeal Bread reform ligue festgestellt, weiterhin haben Voit und Konstantinidi einen Vegetarianer und einen Nichtvegetarianer bei vollkommen gleicher vegetarischer Diät verglichen, Caspari hat die vegetarische Diät bei einem Vegetarianer untersucht. Das alles ist noch relativ wenig, wenn man bedenkt, wie vielerlei eigenartige Ernährungsformen in die Welt gesetzt worden sind und wie umfangreich diese populäre Literatur ist und wie die Propaganda ins Volk getragen wird.

Bei der in der Kriegszeit in den Sommermonaten (1916) aufgetretenen Agitation, das Obst in verstärktem Maße zur Ernährung heranzuziehen, schien es mir geboten, wenigstens in ein paar Fällen unsere Kenntnis objektiv zu erweitern.

A. Über die Verdaulichkeit der Erdbeeren.

Unsere Obstsorten können wie erwähnt, im allgemeinen nur einen mäßigen Anteil an der Ernährung nehmen, auch wenn wir sie in noch so großer Fülle Verfügung hätten. Zu Versuchen wurde ein Kollege in der Hochflut der

¹ *Dies Archiv.* 1915. Physiol. Abtlg. S. 272.

Obstgitation zu einem mehrtägigen Versuch mit Obst und Gemüse angeregt, und hatte, wie er sagte, sich ausnehmend wohl dabei befunden. Er aß die nachstehend aufgeführten Nahrungsmittel frei nach seinem Sättigungsgefühl. Es ergab sich bei näherer Betrachtung der Zahlenwerte der Zufuhr genau das, was ich schon für das Gemüse vor Jahrzehnten, wie in neuen Versuchen gesehen hatte: die voluminöse Kost gibt jedesmal eine starke Füllung des Magens, und wenn noch das Moment der Neuheit solcher Experimente hinzukommt, so wird der leichte partielle Hungerzustand in seiner Erscheinung als eine Art Erleichterung gegenüber der sonstigen Ernährungsart gedeutet und der Anschein einer genügenden Kost erweckt.

Die Durchrechnung der Zahlen ergab, daß weder die Eiweißzufuhr noch der Kaloriengehalt auch im entferntesten zureichend war, um das bescheidenste Bedürfnis zu decken. Zum Frühstück und Nachmittag wurde Kaffee mit wenig Milch genossen, außerdem waren neben Obst noch Mohrrüben, einmal in fünf Tagen auch Kohlrüben gegessen worden.

In 5 Tagen waren	500 g Milch	1500 Kohlrüben
	2625 g Äpfel	625 g Backobst
	2000 g Birnen	200 g Zucker
	1500 gelbe Rüben	100 g Mehl
		und 30 g Fett

verbraucht worden, welche zusammen genommen folgenden Nährstoffen und Kalorienwerten entsprechen:

74.0 g N-Substanz,	36.9 g Fett,	1458.4 g Kohlehydrate,	6630 kg-cal.
pro Tag 14.8	„ 7.3	„ 291.6	„ 1326

Die Versuchsperson war sehr mager, sie wiegt nackt etwa 55 Kilo bei 175 cm Körpergröße, sie würde, wenn man auch nur den Hungerstoffwechsel und Ruhe in Betracht zieht, 1650 kg-cal. brauchen, zieht man von den verzehrten 1326 kg-cal. etwa 8 Prozent für Verlust im Kot ab, so bleiben nur 1221 Kal. pro Tag übrig. Da aber die Versuchsperson ihrer ärztlichen Praxis nachging, so wird der Stoffumsatz mindestens 1920 (Rein)Kalorien ausgemacht haben, die Nahrung hat also rund $\frac{9}{10}$ des Bedarfs gedeckt. Dabei waren täglich 158 Kal. in Rohrzucker verzehrt worden, 54 Kal. in Butterfett und 66 Kal. in Milch, so daß 288 Kal. auf Animalien und 933 auf Vegetabilien, von denen das Obst die Hauptmasse ($\frac{8}{10}$) ausmachte, treffen. Waren von den 933 kg-cal. günstigenfalls 858 verdaulich, so kommen von dem Bedarf nur 45 Prozent auf die Mischung von Obst und Gemüse, damit war die Grenze der Sättigung erreicht. Bei dem großen Defizit an Kalorien überhaupt (rund 700 p. Tag) wäre eine längere Durchführung dieser Ernährung unmöglich gewesen.

Minimal war der eingeführte N, obschon noch etwas Milch aufgenommen worden war = 2.3 g N pro Tag, womit man mit Rücksicht auf den noch nicht erwähnten N-Verlust im Kot (und Schweiß) unter keinen Umständen ein N-Minimum erreichen kann, die Kost hätte also auch nach dieser Richtung nach vielen Wochen zu einem Zusammenbruch geführt. Wodurch das Hungergefühl unter diesen Umständen so weit gedämpft wird, läßt sich natürlich nach den Angaben einer Versuchsperson vorläufig nicht entscheiden. Jedenfalls spielte dabei das große Volum für den an ähnliche Nahrung nicht gewöhnten Magen die Hauptrolle. Genaue Aufschreibungen darüber wurden nicht gemacht, aber man wird es mit 2200 g pro Tag nicht zu hoch veranschlagen, darüber gingen im Genuß bei Gemüsen meine kräftigen Soldaten auch nur ausnahmsweise und vorübergehend hinaus, wenn man die Nahrungsaufnahme nicht forcierte.

Die gleiche Versuchsperson hatte sich dankenswerterweise erboten, auch ein Experiment mit ausschließlich einheitlicher Obstnahrung durchzuführen. Schon K. Thomas hat bei Kirschen die Beobachtung gemacht, daß bei frischem Obst erhebliche Widerstände entgegenstehen. Vor allem wirkt manchmal die große Menge von Säuren, welche viele Obstsorten enthalten, in hohem Maße störend. Thomas hat daher damals einen Teil der Säuren neutralisiert, um die unvermeidlichen Magenstörungen durch die großen Säuremengen zu beseitigen. Das neue Experiment sollte mit Erdbeeren zur Durchführung gebracht werden. Es gelang dies aber insofern unvollkommen, als ein reichlicher ausschließlicher Genuß dieser trefflichen Frucht bald widersteht. Es verhielt sich dabei genau wie mit den Gemüseversuchen, deren ich eine ganze Reihe mit ganz den gleichen Ergebnissen ausgeführt habe; ohne weitere Zusätze von anderen Nahrungsmitteln ist eine genügende Ernährung nicht zu erreichen, die Nahrung widersteht, noch ehe eine ausreichende Menge aufgenommen oder die Grenze guter Resorbierbarkeit erreicht ist, der Charakter der Beikost ist also hier ganz besonders scharf ausgeprägt. Über den Gang des Versuches gibt nachfolgende Tabelle Aufschluß.

D a t u m	Tag	E i n n a h m e			
		Zucker g	Erdbeeren g	Kaffee Tassen	Milch
6.— 7. VII. 1916	0.	—	—	—	2½ Liter
7.— 8. VII.	1.	450	2400	2	30 g
8.— 9. VII.	2.	190	2500	2	30 „
9.—10. VII.	3.	60	2300	2	30 „
10.—11. VII.	4.	120	2500	2	30 „
11. VII.	5.	—	—	—	2½ Liter

Von den verzehrten Erdbeeren wurde ein bestimmter Teil jeden Tag zurückgetan und dann zur Analyse benützt, die Ausführung der letzteren geschah von mir in derselben Weise wie bei den Gemüsen. Nach der Behandlung der Früchte mit lauwarmem Wasser, mit heißem Wasser, mit Alkohol und Äther und Chloralhydrat hinterbleibt ein Gemenge von Kernen und unlöslicher Substanz. Von letzterer ist aber zweifellos nicht alles nur Zellschubstanz, sondern es findet sich eine allerdings nicht reichliche Menge einer mit Alkohol gelatinierenden voluminösen Masse, die sich aus den Früchten direkt durch verdünntes Ammoniak ausziehen läßt, beim Trocknen aber nur wenige krümelige Reste hinterläßt, die nach dem Trocknen in Wasser wieder quellen.

Versuch:

Zusammensetzung der Erdbeeren.

100 g Trocken	in 232.95 Trockensubstanz pro Tag:
Asche 4.94	11.50
Organisch 95.06	221.40
Pentosen 8.73 = 7.71 Pentosan	20.33 = 17.94 Pentosan
N 1.29 = 8.06 Protein (inkl. Kerne)	2.98
Zellulose 7.16	16.67
Zellmembran 24.06 mit 3.84 g Pentosan	56.03 mit 8.94 g P.
Ätherextrakt 1.33	3.10
Verbrennungswärme 379.54	883.4

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Zellulose	29.76	Prozent
Pentosan	15.94	„
Restsubstanz	54.26	„

100 Teile Erdbeerenkerne enthalten:

Asche	3.7	Prozent
Organisches	96.3	„
N	2.67	„
Pentosan	14.60	„

Im ganzen wurden verzehrt 9700 g Erdbeeren = 2425 g frische Substanz = 232.95 g Trockensubstanz pro Tag. Außerdem kam noch hinzu 920 g Rohrzucker = 230 g für den Tag und 30 g Milch pro Tag, welche für den Kaffee (2 kleine Tassen) verwendet worden waren. Pro Tag trafen auf Zucker 908 Kal., auf Milch (2.5 g Fett) rund 16.8 kg-cal., zusammen also rund 925 Kal. auf die neben den Erdbeeren verzehrten Obstmengen. In den 232.9 g Trockensubstanz der Erdbeeren waren 883.4 Bruttokal. enthalten.

Die Versuchsperson kam also nicht ganz auf dieselbe Höhe der Nahrungszufuhr mit den Erdbeeren wie mit der Obst- und Gemüsemischung in der früheren Reihe, wo 933 Kal. auf diese Nahrungsmittel entfielen, d. h. etwa die Hälfte dessen, was zur Erhaltung des nicht gut genährten Körpers notwendig gewesen wäre. Da zweifellos die Begrenzung der Nahrung von den Beziehungen zu dem Sättigungsempfinden und den Magenempfindungen abhängig erscheint, so würde bei gut genährtem Körper und großem Nahrungsbedarf die Nahrungszufuhr relativ zum Bedarf noch ungünstiger werden.

Summiert man alle Einnahmen, so ergibt sich, daß die Versuchsperson 883.4 Kal. in Erdbeeren,

908.0 „ „ Zucker
16.8 „ „ Milch

1808.2 Kal. im ganzen aufgenommen hat.

Damit war der Nahrungsbedarf nicht gedeckt, wie die Abnahme des Körpergewichtes zeigte, obschon man wahrscheinlich nebenbei mit einem Wasseransatz am Körper wird rechnen müssen.

Die Verbrennungswärme von 100 g Erdbeeren macht trocken 379.54 Kal. aus, in der Erdbeere sind 87.7 Prozent des N, Protein-N und 12.31 g in Kernen und Amid-N. Wenn man die Verluste für den N-haltigen Anteil der Erdbeeren von der Bruttowärme abzieht, so entfallen für den Protein-N 1.13×7.83 Kal. = 8.84 auf Abfallprodukte und 0.16×33.1 auf Kerne und Amidprodukte = 2.18, somit wird der Betrag der

Reinkalorien 379.54

— 11.02

368.5 Kal. auf 100 Teile organisch = 387.5 Kal.

Es ist aber sicher, daß damit der wahre Wert noch um ein Geringes zu hoch gegriffen ist.

Die freien Säuren habe ich in den Erdbeeren nicht festgestellt. Nach König (Bd. II, S. 956) trifft für 100 Trockensubstanz 8.46 g freie Säure, demnach wären pro Tag 19.7 g Säuren zur Aufnahme gekommen, eine sehr erhebliche Menge, welche auch mit Rücksicht auf den energetischen Wert der Erdbeere recht bemerkenswert ist. Es ist kaum anzunehmen, daß diese für die Zellen als Kraftquelle voll in Betracht kommen, möglicherweise werden sie in die Karbonate umgewandelt, ohne sich an dem Zellkraftwechsel weiter zu beteiligen. Nimmt man für 1 g Äpfelsäure 2.35 Kal. an Verbrennungswert, so treffen für 100 Teile Erdbeeren 46.3 Kal. auf die Säuren, die wahrscheinlich ohne Bedeutung sein dürften, d. h. rund 12.2 Prozent von der Gesamtverbrennungswärme, dabei ist nur die als frei bezeichnete Säure berechnet, während stets noch ein Teil gebunden in den Früchten vorhanden

ist. Die Erdbeeren gehören zu den Früchten mittleren Säuregehaltes, wie Pfirsiche, Aprikosen, Brombeere, Heidelbeere, Himbeere. — während von Apfelsinen und Zitronen abgesehen — Stachel-, Maul- und Johannisbeere die sauersten Früchte sind. Beim halbreifen Obst kommen die Säuren in noch weit größeren Konzentrationen vor.

Die Abgrenzung war nicht absolut scharf, die Versuchsperson bildete bei Milchfütterung ausnahmsweise keinen festen Kot, jene beiden Grenzpartien zu Anfang und zum Schluß des Versuchs, bei denen kleine Beimengungen des Milchkots nicht auszuschließen waren, wurden gewogen, getrocknet wie der übrige Kot, aber bei der Analyse nicht verwendet. Im ganzen wurden 239·06 Trockenkot entleert, der frische Kot war 1309 g = 436 g frisch pro Tag = 59·75 g Trockensubstanz, der Kot war also dünn (13·72 Prozent Trockensubstanz).

Das Körpergewicht zu Beginn = 61 kg (55·5 Kilo nackt), sank bis zum 4. Tage auf 60·25 = 54·7 Kilo nackt, Verlust 0·8 Kilo für 4 Tage.

Die Zusammensetzung der Ausscheidungen war folgende:

Kotanalyse.		
	In 100 g Trockensubstanz sind	In 59·75 g pro Tag
Asche	9·19	5·49
Organisch	90·81	54·26
Pentosen	7·98 = 7·05 Pentosan	4·77 = 4·21 g P.
N	4·57	2·73
Zellulose	12·91	7·71
Zellmembran	36·92 mit 6·29 g Pentosan	22·06 mit 3·76 g P.
Fett	10·99	6·57
Verbrennungswärme	502·7	290·4

In 100 Teilen Zellmembran sind:

Zellulose	34·96 Prozent
Pentosan	17·04 „
Rest	48·00 „

Einen erheblichen Teil derselben machen offenbar die Kerne aus, welche wenigstens nach äußerer Betrachtung vorherrschen. Der kernhaltige Teil des Kotes ist N-arm, die Mischung muß also sehr sorgfältig vorgenommen werden. Pro Tag wurden 2·73 g N entleert.

N-Ausscheidung im Harn war folgende:

Menge des Harns:

1. Tag 2600 mit 7·23 g N + 2·73 im Kot = 9·96 Gesamt-N	
2. „ 1925 4·96 + 2·73	7·69 „
3. „ 1700 4·25 + 2·73	6·98 „
4. „ 1550 3·49 + 2·73	6·22 „

In der Zufuhr war 2·98 g N also die Abgabe	1. Tag 6·98
	2. „ 4·71
	3. „ 4·00
	4. „ 3·24
	<u>18·93</u>

Es wurde also nicht weniger als 18·93 g N vom Körper verloren, was rund 556 g Muskelfleisch ausgemacht hätte, unberechnet des N-Verlustes durch die Haut mit etwa 2 bis 3 g N = für 4 Tage 556 g was nochmals 88 g Verlust entspräche

88 g
also 644 g

Verlust im ganzen. Der Gewichtsverlust war nur 0·200 pro Tag, was für die Aufspeicherung von Wasser am Körper spricht.

Da der Rohrzucker jedenfalls restlos aufgenommen wird und die wenigen Kubikzentimeter genossene Milch nicht in Frage kommen, darf der entleerte Kot auf die verzehrten Erdbeeren bezogen werden.

Der Verlust, wie er sich bei Einnahmen und Ausgaben für die Pentosen und Zellmembran ergibt, wäre folgender:

Von 100 Teilen wurden verloren:

bei Gesamtpentosen	24·52 Prozent
bei der Zellmembran	39·47 „
bei den Pentosen der Zellmembran	42·06 „
bei der Zellulose	46·24 „

Am wenigsten gut wurde die Zellulose resorbiert, sie ist aber doch weitgehend verdaut worden. Die Pentosen der Zellmembran wurden annähernd wie die Zellmembranen resorbiert. Das Resultat wird sich in folgendem erklären lassen. In den Erdbeeren ist ein Teil der Pentosen überhaupt nicht in der Zellmembran fixiert, daher die günstige Resorption der Gesamtpentosen. Bei den Zellmembranen haben wir zu unterscheiden, das wahre zarte Zellgerüst und die Kerne. Die letzteren machen offenbar einen wesentlichen Teil der ganzen Masse der Zellmembran der Erdbeeren und der Kotzellularmembran aus. Gelöst wurden wahrscheinlich nur die wirklichen zellbegrenzenden Membranen, während die Kerne nicht angegriffen wurden, ähnlich wie etwa die gepulverten Haselnußschalen bei dem Hunde der Resorption sehr weitgehend widerstehen. Die Zusammensetzung der Zellmembran des Kotes zeigt ein relatives Anwachsen der Zellulose, wie ich das fast immer beobachtet habe.

Die Kerne sind N-haltig und dadurch steigt auch der N-Verlust im Kot erheblich. In der Zellmembran (+ Kernen) stecken im Kot 1·45 g N

pro Tag. Von den 2·98 g Zufuhr in den Erdbeeren sind also mindestens 50·3 Prozent unverdaulicher Natur, weil in den Kernen enthalten. Zieht man diesen Wert von der Gesamt-N-Ausfuhr ab

$$\begin{array}{r} 2\cdot73 \\ - 1\cdot45 \\ \hline \end{array}$$

so bleiben

$$1\cdot28 \text{ g N}$$

als Stoffwechselprodukte übrig. Das ist etwa so viel, als ich sonst bei reichlicher N-freier vegetabilischer Kost beim Menschen als N-Rest im Kot gefunden habe (1·33 g N). Der Verlust an N war also mindestens 48·7 Prozent, allein auf Unverdauliches gerechnet. Trotz der kleinen Menge der Zufuhr überhaupt erreicht die Ausscheidung diese enorme Größe. Zieht man aber den unverdaulichen N der Kerne von den Einnahmen ab, so sinkt die N-Aufnahme pro Tag auf 1·53 g, demgegenüber eine Ausscheidung von 1·28 g N im Kot als Stoffwechselprodukte treten. Sieht man also vom Unverdaulichen ganz ab, so kommt dem Körper an N nur 0·25 g N pro Tag zugute. Für die N-Bilanz entfällt also die Eiweißzufuhr dieser Obstsorte vollkommen, denn sie reicht ja nur hin, die Stoffwechselverluste zu ersetzen, während der Harn-N als Reinverlust vom Körper betrachtet werden muß.

Schon in den früheren Abhandlungen war ich in der Lage, die Ausscheidungen von Stoffwechselprodukten für sich in Betracht zu ziehen, diese nahmen einen sehr bemerkenswerten, ja in den bisher untersuchten Fällen sogar den weitaus größeren Anteil an dem Gesamtverlust im Kote ein. Es wird daher von großer Wichtigkeit sein, auch hier dieser Frage näher zu treten. Dabei sind zwei Momente zu entscheiden: a) Das Verhältnis zwischen Unverdaulichem und Stoffwechselprodukten, man muß annehmen, daß dies wechselnd sein kann, da es ja auch Nahrungsmittel gibt, die restlos resorbiert werden. In anderer Richtung sollte man meinen, müßten aber die Relationen zwischen Unverdaulichem und Stoffwechselanteil im Kot weithin schwankend sein. Wider Erwarten haben sich dafür bis jetzt keine Beispiele in dem von mir bisher untersuchten Material gefunden, sondern es mag Zufall sein, ein sehr nahe übereinstimmendes Resultat der Relation. b) Wichtig ist, wieviel Stoffwechselprodukte im Verhältnis zum Nahrungsmittel selbst gebildet werden. In dieser Hinsicht zeigten sich nach den bisher abgeschlossenen Untersuchungen an Brot und Gemüse recht verschiedene Werte.

Wie sich die Verhältnisse im vorliegenden Falle bei den Erdbeeren gestalten, ergibt sich aus nachstehender Betrachtung.

Die Menge des trocknen Kotes (organisch) war ziemlich reichlich = 54·3 g pro Tag, zieht man davon die 22·1 g Zellhüllen ab, so bleiben 32·3 g organ. Kot pro Tag.

Im Kot wurden verloren pro Tag		290·4 Kal.
davon gehen ab 22·1 Zellhüllen	4·536 Kal. ¹ = 100·00	
0·45 g Pentosan × 3·9	= 1·75 Kal.	101·7 „
	somit bleibt für Stoffwechselprodukte:	<u>188·7 Kal.</u>

In den verzehrten Erdbeeren waren 883·4 Kal., somit treffen auf 100 Kal. in Erdbeeren 21·32 Kal. als Verlust an Stoffwechselprodukten.

Von dem Kot waren 35·12 Prozent der Kalorien Unverdautes, 64·88 „ Stoffwechselprodukte,

was mit einer Reihe anderer Bestimmungen in früheren Untersuchungen sehr gut übereinstimmt.

Die Gesamtzufuhr 883·4 Kal. verhält sich zum Gesamtverlust 290·4 Kal. wie 100 zu 32·87. Der Verlust ist — Unverdautes und Stoffwechselprodukte zusammengenommen — also sehr groß.

Berechnet man den Verbrennungswert der organischen Stoffwechselprodukte, so trifft auf 1 g 5·924 Kal., d. h. etwas weniger als ich z. B. für die Stoffwechselprodukte beim Hund bei Fleischfütterung (6·284 Kal.) gefunden habe.²

Die starke Bildung von Stoffwechselprodukten ist möglicherweise auf den Reiz der reichlichen Säuren, welche in den Erdbeeren enthalten sind, zurückzuführen. Der Wert der Erdbeere wird also durch die Mehrerzeugung von Stoffwechselprodukten sehr vermindert.

Die Erdbeeren können als Beispiel für ähnliche Früchte, wie Himbeeren, Brombeeren, Maulbeeren gelten. Wahrscheinlich auch für das Fruchtfleisch der Stachelbeeren und Trauben, wenn man die Häute nicht mit verzehrt. Die Kotbildung wird aber jedenfalls bei den Stachelbeeren, Trauben, Johannisbeeren durch die äußere Haut noch weiter vermehrt, der Speiseverlust bei Ausscheidung der letzteren ist andererseits sehr groß, da ja Schale und Kerne reichlich noch Eßbares einschließen. Der wahre Nährwert der Erdbeere ist also ein sehr bescheidener, der Hauptwert liegt für sie und ähnliche Früchte in der Bedeutung als Genußmittel, zumal die täglich genossenen Mengen recht unbedeutend zu sein pflegen.

B. Die Verdaulichkeit der Äpfel.

Wenn man eine weitere Umschau nach Früchten hält, die in der Volksernährung Bedeutung haben, so kann man wohl die Äpfel als solche bezeichnen, denn sie machten vor dem Kriege gerade ein Drittel des Gesamt-

¹ Nach der Verbrennungswärme der Zellmembran der Zufuhr berechnet.

² S. *Gesetze des Energieverbrauchs*. S. 34.

nährwertes aller Früchte aus. Als nährende Bestandteile stehen bei ihnen die Zuckerarten im Vordergrund, daneben wieder, wie bei den anderen Früchten als Genußmittel wirkend, die organischen Säuren. Die Äpfel enthalten namentlich im unreifen Zustand auch Stärke, diese nimmt aber am Baume noch mit dem Reifen allmählich ab, wofür mehr Zucker gefunden wird. Frische Äpfel sind aber meist auch recht sauer und reif weniger sauer. Bei dem Nachreifen der gepflückten Früchte findet nach den Untersuchungen von E. Mach und K. Portele nur eine Abnahme von Säure und Rohfaser statt.¹ Glukose wird zum Teil in die süßere Fruktose umgewandelt. Die Stärke soll sich schon nach 2 bis 3wöchiger Aufbewahrung nicht mehr nachweisen lassen. Für ihre Zusammensetzung habe ich bereits nähere Angaben gemacht²; zwischen einer guten und einer minderen Äpfelsorte war ein ziemlicher Unterschied an Zellmembran, die erstere hatte wesentlich weniger als die letztere. Ihr Reichtum an solcher ist weit größer, als der der Getreidesorten. Über den Verdaulichkeitsgrad ist nichts bekannt. Ich hatte Gelegenheit, eine Versuchsreihe mit ausschließlicher Äpfelnahrung an zwei Soldaten auszuführen. Zur Verfügung standen mir ausgezeichnete Reinetten, sehr süß und weich, die mir für diese Versuche von Dr. Roese zugegangen waren. Die Äpfel wurden roh gegessen und weiter ist an Nahrung nichts aufgenommen worden. Die Versuchspersonen bewältigten ganz gut 4 bis 5 Pfd. Äpfel im Tag, auch lassen sich diese ohne Abgegessen sein genießen. Der Ausfall jeder warmen Kost ist natürlich ein unbequemes Opfer.

Tabelle I.
Äpfel. O e h m.

Datum	Versuchstag	Körpergewicht	Nahrung	Harn		Kot		
				ccm	g N pro Tag	Zeit	frisch	trocken
5.I. 1917	1.	71 1/2	2500 g Äpfel (ohne Schale u. Herz)	2500	5.0	—	—	—
6.I.	2.		3000 „	1500	5.2	5 h 00' n.	571	70
7.I.	3.		2500 „	1800	4.9	2 00 n.	329	40
8.I.	4.	68 1/2	2500 „	940	5.3	—	—	—
9.I.	5.		2500 „	1220	5.6	—	—	—
10.I.	6.	67	—	—	—	12 00 n.	117	37
			12500 g frisch = 1941 g Trockensubstanz = 388.2 g pro Tag	—	—	8 00 n.	111	30

¹ s. König, Bd. II, S. 952.

² Dies Archiv. 1915. Physiol. Abtlg. S. 241.

Tabelle II.
Äpfel. Schönherr.

Datum	Versuchstag	Körpergewicht	Nahrung	Harn		Kot		
				ccm	g N pro Tag	Zeit	frisch	trocken
5.I. 1917	1.	69	2500 g Äpfel (ohne Schale u. Herz)	2500	5.6	—	—	—
6.I.	2.		2500 „	2300	5.1	5 h 30' a.	410	55
7.I.	3.		2500 „	1900	6.0	2 50 n. 11 45 a.	410 30	35 10
8.I.	4.	65	2500 „	1660	5.2	—	—	—
9.I.	5.		2000 „	1600	5.0	5 00 a.	284	44
10.I.	6.	64	—	—	—	10 00 a.	160	35
			12000 g frisch = 1864 g Trockensubstanz = 372.8 g pro Tag					

Die Experimente gelangen ohne jede Schwierigkeit.

Nachstehend sind in der Tabelle die Analysen der Nahrung und des Kotes zusammengestellt.

Tabelle III.

	100 g Äpfel enthalten:		Aufnahme pro Tag	
	Oehm	Schönherr	Oehm	Schönherr
	388.2 g	372.8 g		
Asche	1.10	4.27	4.1	
Organisch	18.90	383.90	368.7	
Pentosan	4.82	18.71	18.0	
N	0.46	1.78	1.71	
Zellmembran	7.91	30.69	29.49	
Zellulose der Zellmembran	4.30	16.69	16.03	
Pentosan der Zellmembran	0.61	2.37	2.27	
Restsubstanz, der Zellmembran	3.20	12.42	11.92	
Fett	2.65	10.28	9.88	
Kalorien	408.8	1596.9	1524.0	

In 100 Teilen Zellmembran ist:

Zellulose	54.36
Pentosan	7.68
Rest	37.96

In 100 Teilen Kot ist:

	Oehm ¹	Schönherr ²	Verlust pro Tag	
			Oehm ³	Schönherr ⁴
Asche	8.28	11.55	34.4 g	34.1 g
Organisch	91.72	88.45	2.85	3.94
Pentosan	4.33	3.50	30.55	30.16
N	6.51	6.92	1.49	1.19
Zellmembran	19.44	19.53	2.24	2.36
Zellulose	13.21	6.28	6.58	6.66
Pentosan	2.16	2.48	4.54	2.14
Restsubstanz	3.77	10.77	0.74	0.84
Fett	9.01	11.40	1.29	3.68
Kalorien	535.6	530.2	3.10	3.89
			184.2	180.8

In 100 Teilen Zellmembran sind:

	Oehm	Schönherr
Zellulose	69.01	32.16
Pentosan	11.28	12.73
Rest	19.71	55.11

Die reine Obstkost ist also außerordentlich aschearm, die N-Zufuhr so gering, daß eine Erhaltung damit unmöglich ist. Das Versuchsmaterial zeichnete sich durch einen für Äpfel äußerst geringen Gehalt an Zellmembran aus, unter den von mit untersuchten war diese Sorte die ärmste an Membranen und daher sehr pentosearm. Der Trockengehalt der frischen Äpfel war 15.54 Prozent, ziemlich gering ist der Gehalt an Kalorien. Da die Äpfel voll gereift sein mußten, so kann der geringe Zellmembrangehalt auch zu einem Teil auf diesen Vorgang bezogen werden. Stärke war nur in sehr kleinen Mengen vorhanden, doch fand sich im Kot etwas Stärke. Da rohe Stärke leicht unverdaut bleibt, kann ein geringer Stärkegehalt des Kotes nicht wundernehmen. Die Menge der verzehrten Kalorien ist nicht gering; wenn auch die Versuchspersonen sich damit nicht auf ihrem Kalorienbedarf hätten halten können, so ist doch an die Hälfte oder mehr wie die Hälfte des Bedarfs zu decken gewesen, während man bei anderen Nahrungsmitteln, z. B. Kohlrüben, an eine so weitgehende Deckung des Nahrungsbedürfnisses gar nicht denken kann.

¹ Kot enthält 4.3 Prozent Stärke.

² „ „ 4.7 „ „

³ Kot mit 1.47 g Stärke.

⁴ „ 1.60 g „

Die Ausscheidungen sind eine braune Masse; besonders auffallend war, daß beim Abdampfen des Alkoholauszugs der fäkale Geruch rasch verschwand und dafür sich der feine aromatische Geruch der Reinetten verbreitete. Die Riechstoffe gehen also zu einem erheblichen Teil in die Ausscheidungen über.

Im Verhältnis zu der geringen Ascheinfuhr ist die Ascheausscheidung im Kot sehr groß, besonders bei Person Sch., wo im Kot allein fast ebensoviel entleert wurde, als die Gesamtaufnahme betrug. Die Menge des Kotes war bei beiden Versuchspersonen fast gleich groß. Zu dünner Stuhl (Oe. = 15.22 Prozent Trockensubstanz, Sch. 13.2 Prozent Trockensubstanz) war nicht aufgetreten, wenschon die Entleerungen mehr breiig sind als bei Brot z. B. Die Zellmembran macht rund 19 Prozent des Kotes aus. Auffallend war der ungleiche Gehalt an Zellulose. Aus diesem Anlaß wurden die Analysen wiederholt mit demselben Ergebnis, bei Oehm ist der Zellulosegehalt viel größer. Der Ätherextrakt des Kotes ist erheblich. Betrachtet man die Ergebnisse kurzer Hand, so war der Verlust

	bei Oehm	bei Schönherr	im Mittel
an Trockensubstanz	8.89	9.14	9.01
„ Organischem	7.96	8.18	8.07
„ Kalorien	11.60	11.81	11.70

Das Ergebnis ist also nicht ungünstig. Nur bezüglich der N-Ausnützung läßt sich keine Angabe machen, da im Stuhl überhaupt mehr N ausgeführt wurde wie in der Nahrung enthalten war. Hier liegt offenbar die Bildung reichlicher Mengen von Stoffwechselprodukten vor. Außerdem kann man annehmen, daß ein Teil des spärlichen Proteins in der Zufuhr doch auch noch zu Verlust ging, denn es stellt sich immer mehr heraus, daß der Eiweißinhalt der Zellmembran an der Zellwandung haftet und nicht so leicht vollkommen abgelöst wird, als man meinen möchte. Die Zellmembranen im Kot geschlossen in der Tat noch Protein ein. Dieser Rest ist als unresorbiertes Nahrungseinweiß (evtl. mit Anteilen von Bakterien N) zu betrachten. Nachstehende Zusammenstellung gibt darüber Aufschluß.

Tabelle IV.

Person	Auf 100 Teile Kot Protein	Kot pro Tag	Protein pro Tag	= N	N im Kot pro Tag	N in Stoffwechselprodukten	N in Zufuhr	Prozent Verlust von Protein	Prozent N in Stoffwechselprodukten
Oehm	21.67	34.4	7.5	1.19	2.24	1.05	1.78	66.9	46.9
Schönherr	21.25	34.1	7.2	1.16	2.36	1.20	1.71	67.8	50.8
Mittel	—	—	—	1.17	2.30	1.17	—	67.3	48.8

Der Verlust an Protein ist demnach 67·3 Prozent, wobei noch zu berücksichtigen war, daß nicht aller N der Äpfel im Protein vorhanden ist, nahezu die Hälfte des entleerten N ist Stoffwechselprodukt. Für die Erhaltung des N-Bedürfnisses sind also Obstarten, wie die Äpfel, Birnen usw. völlig belanglos, denn im Mittel wurde nur 0·62 g N (wovon noch ein Teil Amid-N g) pro Tag trotz der großen Nahrungsmenge resorbiert. Außer als Genußmittel kommen die einheimischen Früchte also nur etwa als Kohlehydratträger in Betracht — wenn man von Nüssen u. dgl. absieht.

Betrachtet man im Zusammenhange hiermit gleich die Ausscheidung der Gesamtmenge von Stoffwechselprodukten,

Tabelle V.

Person	Verlust an Kalorien		Verlust im Tag an		Kalorien im Kot insgesamt	Kalorien im Kot aus Stoffwechselprodukten	Verzehlte Kalorien pro Tag	Vom Verzehrtentstehenden Stoffwechselprodukte in Prozent	Von 100 Kalorien im Kot treffen auf Stoffwechselprodukte
	Stärke	Zellmembran	Pentosan	Summe					
Oehm	6·02	33·87	2·92	42·81	184·2	141·4	1587	8·91	76·7
Schönherr	6·56	34·29	1·36	42·21	180·8	138·6	1524	9·09	76·6
Mittel	6·29	34·08	2·14	42·51	182·5	140·0	1555	9·0	76·7

so sind diese zwar nicht sehr gering, aber doch weit geringer, als bei den Erdbeeren. Sie bewegen sich mit 9 Prozent Verlust an Kalorien etwa um die Werte von manchen Vollkornbroten. Die Zellmembran selbst kann als Ursache des Reizes zur Bildung von Stoffwechselprodukten nicht angesehen werden, denn sie ist ja gut verdaulich; die Stoffwechselprodukte sind relativ reichlich im Kot vertreten, da sie rund 77 Prozent der Ausscheidungen ausmachen. Bei einem Gesamtverlust von 11·7 Prozent der eingeführten Kalorien sind 9 Prozent Stoffwechselprodukte, also nur 2·7 Prozent Verluste auf Unverdauliches zu beziehen.

Die Zellmembranen sind eine außerordentlich feinflockige Substanz, bei den Birnen kommen die Steinzellen vor, hier bei den Äpfeln fällt die Weichheit der Masse auf. Die Verdaulichkeit ist eine sehr günstige (siehe Tabelle VI).

Die Gesamtpentosane sind gut resorbierbar, sie liegen ja größtenteils im Saft der Äpfel frei vor, wie überhaupt, was ich schon an anderer Stelle auch für Gemüse usw. erwähnt habe, der Preßsaft von Eiweiß befreit, die Pentosereaktion (Phlorogluzin-Salzsäure) kräftig gibt. Um welche Verbindungen es sich dabei handelt, dies zu untersuchen, lag bisher keine Möglich-

Tabelle VI.

Verlust an Pentose und Zellmembran.

	Oehm	Schönherr	Mittel
an Gesamtpentosan	7·95	6·61	7·28
„ Zellmembran	21·43	22·58	22·0
„ Zellulose	21·18	13·35	22·26
„ Pentosan d. Zellmembran	31·22	37·00	34·11
„ Restsubstanz	10·38	30·88	20·63
„ freien Pentosanen	4·58	2·23	3·40

keit vor. Die Zellmembran gehört zu den leicht resorbierbaren, nur rund $\frac{1}{6}$ wird verloren. Doch ist die Auflösung der einzelnen Bestandteile verschieden, besonders mit Rücksicht auf die Zellulose. — Oe. resorbierte weniger Zellulose als Sch. Bei Sch. blieben also mehr „Restsubstanz“, d. h. Lignine usw. zurück. Dieser Unterschied machte sich auch bei der Reinigung der Rohzellulose geltend; die Auskochenungen mit NH_3 hatten bei beiden Personen ganz verschiedene Tiefe der Färbung. Die Pentosane der Zellmembran sind nicht sehr gut aufgelöst worden. Entsprechend der leichten Löslichkeit der Zellmembran überhaupt konnte man vermuten, daß sie wohl schon in den oberen Partien des Dickdarmes erfolgt, da sonst mehr Pentosane unresorbiert liegen geblieben wären, was sich an der anscheinend schlechten Resorbierbarkeit der freien Pentosane ausgeprägt hätte, wofür schon genügend Beispiele gegeben sind.

Tabelle VII.

Oehm.

Tag	N der Einfuhr	N im Harn	N im Kot	Summe d. Einfuhr	Bilanz
1.	1·78	5·0	2·24	7·24	— 5·46
2.	1·78	5·2	2·24	7·44	— 5·66
3.	1·78	4·9	2·24	7·14	— 5·36
4.	1·78	5·3	2·24	7·54	— 6·76
5.	1·78	5·6	2·24	7·84	— 6·06

Schönherr.

1.	1·71	5·6	2·36	7·96	— 6·25
2.	1·71	5·1	2·36	7·46	— 5·75
3.	1·71	6·0	2·36	8·36	— 6·65
4.	1·71	5·2	2·36	7·56	— 5·85
5.	1·71	5·0	2·36	7·36	— 5·65

Die N-Zufuhr war so minimal, daß von einer Möglichkeit, den N-Bestand zu erhalten, nicht die Rede sein kann. Die N-Verluste der Versuchspersonen, die durch die vorherige Kost schon sehr tief im Umsatz heruntergekommen waren, waren erheblich, bei Oe. 28·24 g N, bei Sch. 30·05 g in 5 Tagen, auffallend groß war der Gewichtsverlust $4\frac{1}{2}$ Kilo bei Oehm und 5 Kilo bei Sch. Bei einer Nahrungsaufnahme von 1587 bzw. 1524 Kal. täglich kann man unmöglich, den Fettverlust und Eiweißverlust zusammengekommen, diesen enormen Gewichtssturz erklären, vielmehr muß dabei ein erheblicher Wasserverlust eingetreten sein, der sich schon in den vorhergehenden Versuchen mit ungenügender Kalorienzufuhr allmählich vorbereitet hatte, insofern dabei eine Wasserretention anzunehmen war. Die Gründe, welche diese Wasserausscheidung herbeigeführt haben, sind vorläufig nicht festzustellen, wenn auch einen Zusammenhang mit der Obstnahrung das gleiche Verhalten beider Personen wahrscheinlich macht.

Die beiden Beispiele Erdbeeren und Äpfel geben uns ein Bild über die Bedeutung, welche man den einheimischen Obstsorten im allgemeinen als Nahrungsmittel zuzuweisen hat.

Einige ernährungsschemische Bemerkungen.

Von

Prof. Dr. Th. Bokorny.

Die Kluft zwischen Tier- und Pflanzenreich ist mannigfach überbrückt worden; auch in ernährungsphysiologischer Hinsicht ist dies der Fall.

Man braucht dabei nicht einmal an die Pilze zu denken, welche der Kohlensäureassimilation ebenso unfähig sind wie die Tiere (eine Ausnahme bilden nur einige Bakterien). Auch das Studium grüner Pflanzen hat manche Anknüpfung an die Hand gegeben; die Ernährung ist zum Teil die gleiche.

Die organische Kohlenstoff- und Stickstoffernährung ist nicht bloß bei Tieren und Pilzen, sondern auch bei grünen Pflanzen nachgewiesen.

Einige Bemerkungen über diesen Punkt und die einschlägigen neueren Untersuchungen mögen hier Platz finden. Denn die Resultate der letzteren sind in mehrfacher Beziehung bemerkenswert.

Es gibt eine organische Ernährung grüner Pflanzen in so großem Umfange, daß man dieselbe fortan nicht mehr ignorieren darf.

Groß ist die Zahl der organischen Stoffe, die als ernährungsfähig bei grünen Pflanzen erkannt wurden, fast so groß wie bei Pilzen (siehe die unten gegebene Zusammenstellung); sie läßt sich zweifellos noch erhöhen.

Ebenso kann die Reihe der organisch ernährbaren grünen Pflanzen noch erweitert werden; ja es gibt wahrscheinlich keine grüne Pflanze, die nicht mit organischen Kohlenstoff- und Stickstoffquellen ernährt werden kann. Es fehlt nur an Forschern, die sich mit solchen Untersuchungen befassen.

Man kann bezüglich der organischen Pflanzenernährung freilich wie in so vielen anderen Fällen sagen: „Das war ja vorauszusehen“.