

In 100 Teilen Zellmembran sind

	Bei der Zufuhr	Bei der Ausscheidung
Zellulose	38·25	54·48
Pentosan	22·56	10·37
Rest	39·14	35·15

Die Pentosane der Zellmembran werden erheblich angegriffen, die Resorption des Pentosans ist schlecht. Daher der Unterschied zwischen Gesamtpentosen und Pentosen der Zellmembran in der Berechnung. Tatsächlich sind in der ursprünglichen Substanz ja nur Pentosen der Zellmembran. Die Ausnutzung der N-Substanz ist nicht befriedigend. In der Zellmembran waren 0·461 g N vorhanden, die als Reste der Eiweißstoffe des Salates angesehen werden können. Die N-Menge im Kot 1·400, so daß 0·939 g für Stoffwechselstickstoff übrig bleiben, statt 1·01, wie sonst beobachtet wurde, was aber innerhalb der Fehlerquellen solcher Versuche liegt. Wenn die N-Zufuhr 1·08 g pro Tag im Salat beträgt und 0·461 g unverdaulich sind, so ergibt dies einen Verlust von 42·7 Prozent, also einen hohen Prozentsatz, wobei aber zu bedenken ist, daß Amid-N nicht in Betracht kommt. Da man dem Hund wohl an 70 bis 80 g täglich hätte verabreichen können = 20·8 g Protein, so hätte er davon nur 11·9 g Protein resorbiert, rund 4·9 Prozent der Gesamtkalorien, nicht eben viel, aber immerhin resorbiertes Eiweiß.

Die Verbrennungswärme des Kotes pro Tag ist 114·8 kg-cal., zieht man davon 67·7 Kal. als zum Fleischkot gehörig ab, so bleiben 47·1 kg-cal., die auf die Reste des unverdauten Präparates gerechnet werden können.

Die unverdauten Teile des Salatpräparates sind jedoch bekannt. Sie bestehen aus 4·51 g Zellmembran bei etwa 4·2 kg-cal., Verbrennungswert = 18·94 Kal.

aus 0·92 g Pentosan ($\times 3\cdot9$)	3·60 „
0·461 g unverdaulichem N = 2·88 Eiweiß ($\times 5\cdot8$) =	16·70 „
	Summe 39·24 Kal.

Man sieht, daß diese Berechnung nicht sehr weit von obiger Schätzung (mit 47·1 Kal.) abweicht. 86·7 Kal. waren in dem gefütterten getrockneten Salatpulver, 39·2 Kal. in dem Verlust = 44·06 Prozent Verlust. Die Hauptquellen des Verlustes sind Anteile der nicht resorbierten Zellmembran und die ungelösten und unresorbierten Eiweißstoffe, andere Nährstoffe sind übrigens in nennenswerten Mengen auch im frischen Salat nicht vorhanden. Betrachtet man die Verluste bei der Spinatfütterung an Kindern, so zeigt sich auch kein recht wesentliches Übergewicht gegenüber der trocken angewendeten Salatpräparate in diesem Falle.

Weitere Beiträge zur Zusammensetzung der Gemüse.

Von

Max Rubner.

Meine Untersuchungen über die Zusammensetzung einiger Wurzel- und Blattgemüse waren durch den Zufall, daß das gewünschte Material nicht immer zu beschaffen war, eingeschränkt worden, es sind daher einige sonst sehr weit verbreitete Gemüse außer Betracht geblieben. Da zurzeit (Sommer 1916) diese Lücken ausgefüllt werden konnten, will ich in folgendem über die Zusammensetzung des Spargels, des Rhabarbers und der Gurke nähere Angaben machen.

Der Spargel.

Der Spargel ist ein bereits im Altertum bekanntes und besonders gezeichtetes Gemüse, das auch in der diätetischen Therapie eine Rolle spielte und heute in der feinen Küche sehr geschätzt ist. Meine Untersuchungen beziehen sich auf Spargel aus der Umgebung von Berlin, eine weiße Sorte, zeigefinger- bis daumendick. Der Spargel wird außen überzogen von einer bastartigen Schicht verholzter Zellen, die man bei der Zubereitung des Spargels entfernt. Legt man Spargel in eine kalte Lösung von Phlorogluzinsalzsäure, so färbt sich diese zähere Außenschicht rot, in gleicher Weise auch die Gefäße im Innern des Spargels, das Reagens wird in den Kapillaren gehoben; schneidet man die Spargel senkrecht zur Länge oder parallel zu diesen, so erhält man ein zierliches Bild der verholzten Teile, die Gefäße strahlen auf solchen Längsschnitten wie zarte Linien nach dem Kopfe hin aus. Im übrigen besteht der Spargel nach Haberlandt aus junglichem embryonalen Zellgewebe, in dem mächtige Protoplasmakörper mit großen Zellkernen enthalten sind. Die verholzten Gefäße sind jene Fasern, die von vielen Personen beim Essen des Spargels entfernt werden, wodurch sich ein erheblicher Abfall an Stoffen ergibt. Beträgt der Verlust beim Putzen des Spargels schon 22 Prozent, so verliert man unter Hinzurechnung der „Fasern“ nochmals 20 Prozent, im ganzen also 42 Prozent und wohl häufig mehr.

Nach den bisher vorliegenden Analysen¹ läßt sich für 100 Teile trockenen Spargel berechnen:

10·19	Prozent Asche,
89·81	„ Organisches,
31·05	„ Rohprotein (darunter 13·6 Teile Reinprotein),
2·23	„ Fett,
38·21	„ N-freie Extrakte und Zucker,
18·31	„ Rohfaser.

Von 100 Teilen Rohprotein sind nur 44 Prozent wirkliches Eiweiß.

Vermutlich beziehen sich diese Angaben auf Spargel, dessen äußere bastartige Schale nicht entfernt wurde. Ich habe nur die für den Genuß brauchbaren Teile untersucht.

Die Trockenbestimmung im frischen Spargel ergab 7·61 Prozent Trockensubstanz. Dämpft man den Spargel in einer verschlossenen Glasröhre, so verliert er 8·4 Prozent an Flüssigkeit. Durch Pressen bei 300 Atmosphären erhält man 65·1 Prozent gelben, wohlriechenden Preßsaft, der außer Zucker reichlich Amidsubstanzen und Salze enthält.

Die Köpfe des Spargels sind wegen ihrer Zartheit und ihres Wohlgeschmackes der gesuchtere Teil, natürlich ist die Grenze zwischen Kopf und Stiel nicht scharf zu ziehen; ich habe bei guten Spargelsorten 9·4 Prozent des Gewichtes des geputzten Spargels an Köpfen erhalten, was selbstverständlich nur eine ungefähre Angabe sein kann. Ich habe sowohl den ganzen Spargel, wie auch die Köpfe und Stiele getrennt untersucht, die Köpfe enthalten 10·82 Prozent, die Stiele 7·05 Prozent Trockensubstanz, der ganze Spargel wie schon bemerkt 7·6 Prozent. Über die Art der Analyse bedarf es keiner weiteren Angabe, ich verweise auf meine früheren Veröffentlichungen. Die Resultate waren folgende:

100 g Trockensubstanz enthalten:

	Köpfe	Stiele	Ganzer Spargel
Aschebestandteile	8·08	4·90	5·23
Organische Substanzen	91·92	95·10	94·77
Pentosen	8·65	8·74	8·75
Rohprotein	36·53	21·94	23·44
Reinprotein	27·66	9·85	11·27
Zellulose	7·52	10·03	9·77
Zellmembran	24·21	21·00	21·32
Davon Pentosan	4·34	2·12	2·31
Verbrennungswärme	431·80	435·10	431·50

¹ König, Bd. II. S. 923.

Köpfe und Stiele sind also wesentlich verschieden in der Zusammensetzung. Die Köpfe sind aschereicher und reicher an Protein, der Amid- usw. Stickstoff wurde für Köpfe und Stiele bestimmt, die Köpfe enthalten 76 Prozent des N an Reinprotein, die Stiele nur 44·9 Prozent. Der Zellulosegehalt ist bei den Stielen bedeutender als bei den Köpfen, die Zellmembran etwas reichlicher in den Köpfen als im Stiele. Daraus folgt, daß letztere in Köpfen und Stielen verschiedene Zusammensetzung hat.

100 Teile Zellmembran enthalten:

	Köpfe	Stiele	Ganzer Spargel
Zellulose	31·08	47·76	45·73
Pentosane	17·95	16·40	16·54
Restsubstanzen	50·97	35·84	37·73

Die Zellmembran der Köpfe enthält also erheblich weniger Zellulose als der übrige Spargel; eine andere Probe Spargel ergab für Köpfe und Stiele als Zusammensetzung der Zellmembran.

100 Teile enthalten:

Zellulose	45·96 Prozent
Pentosane	14·30 „
Restsubstanzen	39·74 „

Von den Pentosanen sind bei den Köpfen 4·34 g in der Zellmembran, im Stiel 3·44 g; da erstere im ganzen 7·64 g Pentosane enthalten, letztere 7·71 g, so sind in den Köpfen 56·8 Prozent der Pentosane in der Zellmembran, in den Stielen 44·6 Prozent. Der Spargel unterscheidet sich in dieser Hinsicht erheblich von den Blattgemüsen und Wurzelgemüsen, denn bei letzteren ist die Hauptmasse der Pentosen in der Zellmembran enthalten. In den Köpfen des Spargels sind weniger, in den Stielen mehr Pentosen außer Verband der Zellmembran. Der Preßsaft des Spargels ist reichlich, er reagiert stark sauer, namentlich beim Erwärmen nimmt er einen besonders ausgeprägten Wohlgeschmack an.

Was den Preßsaft anlangt, so läßt sich darüber folgendes sagen:

100 Teile frischer Spargel enthalten:

	Trockensubst.	Asche	Organisches	N
Spargel	7·60	0·46	7·14	0·246
Zellmembran	—	—	1·62	—
Zellmembran abgezogen	—	—	5·52	—
Preßsaft	2·51	0·29	2·22	0·108
Im Preßsaft sind	—	63·0 Proz.	31·0 Proz.	43·9 Proz.

im Verhältnis zu Spargel

Rührt man zerkleinerten Spargel, Köpfe oder Stiele mit Wasser an und läßt die Masse stehen, so entwickelt sich eine sehr lebhaft Gärung bei den Köpfen. Bringt man die Masse in den Brutschrank, so zeigt sich, daß sowohl Köpfe und Stiele in Gärung kommen. Dabei zerfallen die Köpfe in feinste Krümelchen und scheinen sich aufzulösen. Die Stiele zerfallen auch, aber es dauert mehrere Wochen, ehe der Detritus sich bildet. Anfänglich ist die Gasbildung sehr stark und der Geruch nach Buttersäure und anderen flüchtigen Fettsäuren sehr penetrant; später ist das Gas äußerst stinkend. In der Flüssigkeit hat sich Bac. amylobakter entwickelt, unter dessen Einfluß offenbar die Auflösung der Parenchymzellen auftritt. Sollte die Angabe richtig sein, daß Bac. amylobacter keine Zellulose löst, so würde die Beobachtung dafür sprechen, daß die Parenchymzellen nicht aus reiner Zellulose bestehen, vielleicht überhaupt nicht Zellulose enthalten; diese Annahme kann nicht zutreffen.

Mehrfach habe ich beobachtet, daß jene Vegetabilien, bei welchen die N-Verbindungen auf chemischem Wege schwer aus den Zellmembranen auszuschleiden sind, auch entsprechend hohe N-Verluste im Kote zeigen. In dieser Hinsicht bestehen zwischen den Beziehungen der N-Verbindungen der Zellmembranen der Spargelköpfe und Stiele charakteristische Unterschiede. Von dem Rohproteingehalt der Köpfe finden sich 20·1 Prozent in den Zellmembranen wieder, richtiger wird man aber die Reste von N, die in der Zellmembran bleiben, als wirklichen Eiweißrest ansehen und sie auch auf den Reinproteingehalt des Ausgangsmaterials berechnen, dann entfallen 26·5 Prozent des Eiweißes als Verlust mit Zellmembran. Die Spargelstiele verhalten sich völlig anders, nur 4 Prozent der Rohprotein bleibt in der Zellmembran, auf Reinprotein des Ausgangsmaterials gerechnet, 9·7 Prozent, also fast nur $\frac{1}{3}$ von jener Menge bei den Köpfen. Anordnung des Eiweißes in der Zelle oder Durchgängigkeit derselben für Reagentien müssen also in Stielen und Köpfen verschieden sein. Auch mit Berücksichtigung dieser Umstände bleiben die Köpfe den Stielen im Eiweißgehalt um mehr als das Doppelte überlegen.

Rhabarberstengel.

Die Rhabarberstengel haben wir als Gemüse wohl von England übernommen, ihre Verwendung ist auch heute nur über einen Teil Deutschlands verbreitet; es kann zweifelhaft sein, ob die Einführung dieser Pflanze als wesentliche Bereicherung unserer sonstigen Gemüsearten gelten kann. Für die Küchenzwecke werden Blätter, Wurzelstücke und die derbe Oberhaut der Stengel beseitigt. Das Zerkleinern der Pflanze läßt den Zellsaft reichlich ausfließen, er gibt die Trommersche und Phlorogluzin-

Pentosereaktion. Weder im Spargel noch im Rhabarber scheinen Oxydasen vorzukommen, oder wenigstens keine mit Veränderung der Farbe spaltbaren Verbindungen, denn man kann die verletzten Pflanzen unbeschadet ihrer Farbe an der Luft liegen lassen. In alkalischer Lösung verfärbt sich der leicht gelblichgrüne Rhabarbersaft, wird blaugrau und nimmt beim Ansauern seine ursprüngliche Farbe wieder an. Nach den Zusammenstellungen bei König, Bd. II, S. 325, läßt sich für die Trockensubstanz berechnen:

11·31	Prozent	Asche,
88·69	„	Organisches,
9·49	„	Rohprotein,
10·40	„	Fett,
57·11	„	Zucker und N-freie Extrakte,
10·80	„	Rohfaser.

Bemerkenswert ist der außerordentlich hohe Oxalsäuregehalt. Unter den „N-freien Extrakten“ sind 14·28 Teile Oxalsäure, was in diätetischer Hinsicht zu beachten sein dürfte. In Berlin kommen die ganzen Pflanzen (abgesehen vom Wurzelteil) in den Handel, so daß bei der Zubereitung der größere Teil verloren geht und nur rund 44·3 Prozent genießbares erhalten wird. Die von mir untersuchte Probe hatte 5·33 Prozent Trockensubstanz, was mit den Angaben bei König übereinght; im übrigen sind die nachstehenden Abweichungen dadurch wohl bedingt, daß mein Material nicht die ganzen Stengel, sondern nur die genießbaren Teile umfaßt.

In 100 Teilen Trockensubstanz habe ich gefunden:

8·43	Prozent	Asche,
91·57	„	Organisches,
8·56	„	Pentosen = 7·56 g Pentosan,
15·12	„	Zellulose,
27·27	„	Zellmembran mit 4·48 g Pentosen = 3·95 g Pentosan,
1·95	„	N = 12·19 Rohprotein = 6·92 Reinprotein,
8·24	„	Fett,
338·4		kg-cal.

Der Rhabarber ist ziemlich reich an Pentosan, von diesem ist aber nur 46·14 Prozent in der Zellmembran, der Rest also in gelöster Form vorhanden; insofern weicht Rhabarber von den übrigen untersuchten Blattgemüsen und auch von den Wurzelgewächsen ab. Da die äußere derbe Hülle entfernt war, ist auch der Zellulosegehalt nicht so groß, wie er sonst bei Genuß der unversehrten Stengel sein müßte; mit Rücksicht

darauf muß man aber den Gehalt an Zellmembran als recht hoch bezeichnen. Dem Proteingehalt nach gehört die Pflanze zu den N-armen Gewächsen, 56·8 Prozent ist Reinprotein, der Rest Amidstickstoff.

Die Zellmembran selbst besteht in 100 Teilen aus:

55·44	Prozent	Zellulose,
14·50	„	Pentosan,
30·05	„	Restsubstanz.

Der Zellulosegehalt ist also erheblich höher als jener der Wurzel- und Blattgemüse im allgemeinen; daher wird man diese Zellmembran im allgemeinen als eine weniger verdauliche ansprechen dürfen. Zweifellos kommen aber größere Schwankungen der Zusammensetzung vor, je nachdem man die Außenhaut der Stengel gründlich oder weniger gründlich abzieht. Es ist als sicher anzunehmen, daß die äußere Schicht nährstoffärmer und zellmembranreicher als die Innenschicht ist.

Der Pentosegehalt ist relativ gering.

Setzt man die Zellmembran in die Analyse ein, so ist der Gehalt an N-freien Extrakten wesentlich geringer, als bisher angenommen wurde, = 41·71 Prozent der Trockensubstanz. In dieser sind aber immer noch nach der Angabe Königs 14·28 Prozent Oxalsäure, die als nebensächlicher Ballast angesehen werden muß, enthalten, also bleiben 27·43 Prozent als Rest, der auf Zucker, Amidsubstanzen u. dgl. treffen mag. Der Nährwert ist demnach gering. 100 g Trockensubstanz liefern 338·4 kg-cal. Davon ist abzuziehen der Verbrennungswert für den N-haltigen Teil $8·69 + 27·8 = 36·5$, es bleiben also pro 100 g 301·9 kg-cal. Berücksichtigt man, daß die Oxalsäure größtenteils unverbrannt ausgeschieden werden wird und daß sie an und für sich einen sehr geringen Brennwert hat ($1 \text{ g} = 0·66 \text{ Kal}$), so sinkt der Wert des Rhabarber als Nährstoff noch weiter. Es liegt also gewiß kein Grund vor, seine Kultur zu fördern.

Über die Verteilung der Substanzen auf den Preßsaft gibt folgende Zusammenstellung Aufschluß.

100 Teile frischer Rhabarber enthalten:

	Trockensubst.	Asche	Organisches	Pentosen
Stengel	5·33	0·52	4·81	0·46
Zellmembran	—	—	1·45	—
Rest ohne Zellmembran	—	—	3·36	—
Preßsaft	3·32	0·47	2·85	0·14
Preßsaft zur gesamt. Menge	62·30	90·40	69·80	30·40
Zellmembranfreie Substanz zu Saft	—	—	84·82	—

Sowohl die Aschebestandteile wie der Zellsaft überhaupt gehen überwiegend in den Preßsaft über, die Oxalsäure findet sich wohl vollkommen im Preßsaft.

Die Gurke.

Es mutet uns heute sonderbar an, wenn man an die ältere Anschauung über den therapeutischen Wert der Gurke erinnert, daß sie ein bei Fieber, Tuberkulose, Hämoptoe, Lepra eine Rolle spielte, immerhin ist eine solche Rückerinnerung von Bedeutung, um zu zeigen, wie die empirische Beobachtung jahrzehntelang auf falschen Bahnen sich bewegen kann. Heute ist die Gurke ein bescheidenes Nahrungsmittel geworden, dessen Genußwert jedenfalls höher als sein Nährwert eingeschätzt werden muß. Ihre weite Verbreitung rechtfertigt aber immerhin ihre Untersuchung.

Die Gurke, zu den Kürbisfrüchten gehörig, wird im unreifen Zustande genossen. Abfälle entstehen bei der Zubereitung nicht, während bei dem Kürbis und der Melone nur der saftige Inhalt genossen wird und ihnen so mehr die Stelle als Obst zuweist. Bei König, Bd. II, S. 920, ist ein Mittelwert von 5 Analysen ausgeführt, aus denen sich pro 100 Teile Trockensubstanz berechnet:

10·00	Prozent	Asche,
90·00	„	Organisches,
23·27	„	Rohprotein,
47·63	„	Zucker und sonstige N-freie Extrakte,
2·39	„	Fett,
17·48	„	Rohfaser.

Das von mir untersuchte Material hatte nur 3·69 Prozent Trockensubstanz. Die Gurke gibt beim Zerkleinern einen halbflüssigen Brei, dessen Mischung für die Analyse schwierig ist.

Die Zusammensetzung von 100 Teilen Trockensubstanz ergab:

11·93	Prozent	Asche,
7·21	„	Pentosan,
12·74	„	Zellulose,
22·79	„	Zellmembran mit 3·89 g Pentosan,
18·12	„	Protein = 12·56 Reinprotein,
5·80	„	Fett,
386·9	kg-cal.	Verbrennungswärme.

Auffallend ist vielleicht der unter dem Durchschnitt der Gemüse bleibende Gehalt an Zellmembranen, während die Gurke doch eine sehr

festen Außenhaut besitzt; allerdings ist der Inhalt der Frucht weich und wässrig, wohl wenig membranreich, wodurch ein Ausgleich gegenüber der derben Haut geschaffen wird.

Die Zusammensetzung der Zellmembran zeigt ein ziemliches Überwiegen der Zellulose.

100 Teile enthalten:

55.90	Prozent	Zellulose,
17.26	„	Pentosan,
26.83	„	Restsubstanzen.

Von den Pentosanen sind nur 53.95 Prozent in der Zellmembran, der Rest im Saft oder anderweitig gebunden.

Ungemein bedeutend ist der Preßsaft = 71.8 Prozent der frischen Gurke. Von dem N gehen 45.1 Prozent in den Preßsaft über; da überhaupt nur 30.7 Prozent des N Amidstickstoff ist und der ausgepreßte Saft jedenfalls nicht sehr proteinreich ist, so wird der Hauptsache nach der Amidstickstoff beim Pressen austreten.

Die nutzbaren Kalorien ergeben sich wie folgt: Von der Gesamtverbrennungswärme gehen ab $15.3 + 29.6$ Kal. für den N-haltigen Anteil, so daß als Rest bleibt $386.9 - 45.3 = 341.6$ kg-cal. pro 100 g Substanz.

Die Menge der genossenen Gurken ist selten von Bedeutung, da die bekannten Beschwerden der Gasbildung bei den meisten Menschen allein schon eine Beschränkung auferlegen. Der hohe Gehalt an Zellulose läßt die Zellmembran ähnlich wie jene des Rhabarberstengels als schwerer verdaulich erscheinen.

Die Verdaulichkeit reiner Zellulose beim Hund.

Von

Max Rubner.

Meine zahlreichen Versuche an Birkenholz, den Zellmembranen der Kleie, der Mohrrüben, des Spinats, der Haselnüsse wie Haselnußschalen und Pilze haben dargetan, daß die Zellulose für den Hund keineswegs etwas völlig Unverdauliches ist. Je nach den morphologischen Verhältnissen und dem chemischen Gemisch der Zellmembran wird mehr oder weniger aufgelöst, doch darf man sagen, daß unter den verschiedenen Stoffen oder Stoffgruppen der Zellmembran die Zellulose den größeren Widerstand entgegengesetzt. Das Auflösungsmittel für die Zellulose ist in bakterieller Einwirkung zu suchen, die dazu nötigen Keime finden sich wahrscheinlich stets in der Nahrung und kommen im Kote vor. Da es leicht ist, durch Aussaat von Erde zelluloselösende Bakterienmischungen zu erhalten, so liegt es nahe, in der Verunreinigung durch Staub und Erde vor allem bei Substanzen, die, wie die Gemüse, sehr oft verunreinigt sind, die Quelle der Keime zu sehen, die durch die Vorbehandlung und beim Kochen kaum völlig abgetötet werden; Gelegenheit zur „Nachimpfung“ des Darminhaltes ist auch genügend vorhanden. Zelluloselösende Bakterien gibt es wahrscheinlich sehr viele. Zu ihnen gehört auch der Bac. macerans von Schardinger, der z. B. die Kartoffel völlig zerfallen macht, Pentosen und echte Zellulose zerstört. Nicht in allen Fällen scheint die Zellmembranlösung beim Wechsel der Nahrung sofort einzutreten, ich habe mehrfach beobachtet, daß nach anderweitiger Fütterung bei Hinzufügen von zellmembranführender Beikost, diese letztere in den ersten 24 Stunden nicht so verändert wird wie am zweiten und dritten Tage, das wäre durch die Anpassung der Bakterienflora an die neuen Ernährungsbedingungen