

Die Verdaulichkeit von Spinat beim Säugling.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

Nachdem in den vorhergehenden Publikationen die Verdaulichkeit des Brotgetreides und die Einfuhr der verschiedenen in diesen vorkommenden Zellmembranen experimentell nach neuen Versuchen und neuer Methodik dargelegt worden ist, gehe ich dazu über, in einigen Beispielen die Verdaulichkeit der Gemüse beim Menschen zu untersuchen. Denn das bisher über diese Fragen veröffentlichte Material gibt keinen klaren Einblick in die Verhältnisse. Es gibt, insoweit gerade die Schilderung des Verhaltens der Zellmembranen von Bedeutung ist, keinerlei Ausbeute, oder nur allenfalls ein paar Angaben über die Rohfaser. Die im Bd. XV dieser Zeitschrift angegebenen Analysen der Blatt- und Wurzelgemüse haben dargetan, daß wir auf diesem Gebiete es mit Nahrungsmitteln mit reichlicher Entwicklung der Zellmembranen zu tun haben. Gerade unter den Blattgemüsen sind einzelne Nahrungsmittel, deren hoher Zellmembrangehalt auffällt. Durch den hohen Zellmembrangehalt erfahren die Angaben der bisherigen Analysen, insoweit der N-freie Extrakt in Betracht kommt, der zumeist in der Nahrungsstoffberechnung als Kohlehydrat aufgeführt wurde, eine sehr erhebliche Veränderung. Wenn z. B. für Spinat ein Gehalt von nicht weniger als 33-55 Prozent N-freier Extrakt angenommen wurde, so reduziert sich diese Größe nach meinen Untersuchungen auf 13-5 Prozent, also um 20 Prozent geringer, so daß der Charakter mancher Nahrungsmittel als kohlehydratreicher Gemenge sich vollkommen ändert und die Ernährungszwecke einer solchen Substanz ganz andere werden.

Neben diesen Besonderheiten haben wir dann noch den Preßsaft bei Blatt- und Wurzelgemüsen als ein wichtiges Moment für den Ernährungsvorgang zu betrachten, die weichen Zellen werden leicht so weit zerkleinert, daß dieser Saft unmittelbar zur Resorption kommen kann, zumeist ist die Menge des Preßsaftes eine sehr bedeutende.

Die Bedeutung der Gemüse als Volksnahrungsmittel wird ungeheuer überschätzt. Nicht nur nach der Richtung des Gesamtertragnisses, das überhaupt zurzeit bei größter Steigerung des verfügbaren Kulturlandes zu erreichen ist, als auch hinsichtlich der Möglichkeit des dauernden Genusses von Gemüsen und der Größe der dadurch zu gewinnenden Nahrungsmengen. In Artikeln wurden von Personen, die offenbar nicht die geringste Ahnung von Ernährungsvorgängen haben, bald von einem „Ersatz“ fehlender Kartoffeln oder mangelnden Fleisches durch Gemüse, wie von einer wohl begründeten und selbstverständlichen Sache gesprochen.

Unter den Blattgemüsen ist, wenn man von den Kohlarten absieht, der Spinat ein viel verzehrtes Nahrungsmittel, wem schon die Gewichtsmenge der verzehrten Masse im ganzen Nahrungshaushalt keine erhebliche Bedeutung hat. Für einen reinen Ausnützungsversuch eignet sich der Spinat absolut nicht. Bei alleiniger Verabreichung größerer Nahrungsmengen widerstehen die aus Spinat bereiteten Speisen sehr leicht. Ich habe weder an mir selbst, noch an anderen Personen eine für einen Ausnützungsversuch ausreichende Beköstigung erreichen können, obschon es mehrfach versucht wurde. Immerhin wäre es von Interesse, wenigstens Näheres über die Verdaulichkeit der Zellmembran des Spinats auch beim Menschen zu erfahren; über die beim Hunde geben die in Jahrg. 1915 dieser Zeitschrift enthaltenen Untersuchungen Aufschluß. Wider Erwarten verdaute der Hund von diesen Zellmembranen, die in der Literatur als besonders „leicht“ verdaulich aufgeführt werden, kaum mehr als vom Birkenholzschliff und weit weniger als von der Kleie. Um in dieser Hinsicht beim Menschen Sicheres zu erfahren, war ein Experiment nötig.

Ich habe daher einen anderen Weg versucht. Es ist bekannt, daß ja manche Pädiater neben Milch Gemüsedarreichungen geben.¹ Der Spinat eignet sich als Zusatz, sei es, daß er fein verkocht ist oder aus getrockneter gepulverter Ware besteht. Prof. Langstein hatte die Freundlichkeit, bei gebotener Gelegenheit mir das Material zweier solcher Spinatreihen bei Kindern zur Analyse zuzustellen, wofür ich ihm an dieser Stelle bestens danke.

Die Versuchsanordnung ergibt sich kurz aus folgendem:

Die Versuche wurden an 2 Kindern im Alter von 7 bzw. 6¹/₂ Monaten ausgeführt. Die Kinder wurden bis zum Versuche ernährt mit ²/₃ Milch + 5 Prozent Rohrzucker + Schleim und bekamen außerdem einmal am

¹ Auf diese allgemeinen Fragen der Verabreichung von Gemüsen an Kinder gehe ich in nachfolgendem nicht ein.

Tage: Brühgrieß, Kartoffelbrei, Gemüse und Kompott. Die Versuche zerfielen in 2 Perioden zu je 4 Tagen.

I. Periode: $\frac{2}{3}$ Milch + 5 Prozent Rohrz. + 20 g pro die Spinatpulver nach Friedenthal (5mal zu 4 g Spinat in der Flasche).

II. Periode: $\frac{2}{3}$ Milch + 5 Prozent Rohrz. + 300 g pro die Spinat (5mal zu 60 g in der Flasche) (Büchenspinat, 6.4 Prozent Trockensubstanz).

Zwischen die beiden Perioden wurde eine 4tägige Pause eingeschaltet. In diesen 4 Tagen bekamen die Kinder weiter $\frac{2}{3}$ Milch und 5 Prozent Rohrzucker. Die Abgrenzung des Kotes war durch die Farbe des Spinates gegeben. Die für die Versuche nötige Milch wurde in großer Menge auf einmal zubereitet, auf Flaschen gefüllt, sterilisiert und im Kühlkeller gehalten. Die Kinder waren gesund, munter, gewöhnten sich nach anfänglichem Sträuben sehr rasch an die Nahrung und tranken fast restlos Milch und Spinatpulver bzw. Spinat aus. Temperatur normal, mit Ausnahme einiger Tage, an welchem eins der Kinder einen Schnupfen hatte und eine geringe Temperaturerhöhung aufwies.

300 ccm $\frac{2}{3}$ Milch und 5 Prozent Rohrzucker lieferten 39 g Trockensubstanz. Büchenspinat: 15.34 g ließen 0.97 g Trockensubstanz, d. h. 6.4 Prozent. Der Kot reagierte meistens sauer; wenn er alkalisch war, wurde beim Eindampfen bzw. vor demselben mit einigen Tropfen sehr verdünnter Schwefelsäure angesäuert.

Von den 39 g Trockensubstanz pro Tag müssen mindestens 15 g Rohrzucker gewesen sein, andererseits 24 Teile Milchtrockensubstanz, d. h. 38.5 Prozent Zuckerzusatz der Trockensubstanz.

Die Übersicht über die Ausführung der Experimente gibt folgende Zusammenstellung:

Kind I (Belair).

I. Per.	Endgewicht . . .	4730 g
	Anfangsgewicht . .	4600 g
		<hr/>
		130 g = 32 g Gewichtszunahme pro die.
	1. Tag	893.3 g
	2. „	942.8 g
	3. „	1002.5 g
	4. „	938.3 g
		<hr/>
		3777 g, $\frac{2}{3}$ Milch + 5 Proz. Rohrz. + 80 g Spinatpulver.
	Kot feucht	334 g
	„ trocken	51.9 g

II. Per.	Endgewicht . . .	4830 g
	Anfangsgewicht . .	4710 g
		<hr/>
		120 g = 30 g Gewichtszunahme pro die.
	1. Tag	483.8 g
	2. „	755.0 g
	3. „	1014.8 g
	4. „	993.8 g
		<hr/>
		3247.4 g, $\frac{2}{3}$ Milch + 5 Proz. Rohrz. + 1200 g Spinat.
	Kot feucht	162.6 g
	„ trocken	45.9 g

Kind II (Hähnel).

I. Per.	Endgewicht . . .	5860 g
	Anfangsgewicht . .	5800 g
		<hr/>
		60 g = 15 g Zunahme pro die.
	1. Tag	1117.8 g
	2. „	983.0 g
	3. „	1049.4 g
	4. „	987.2 g
		<hr/>
		4131.4 g, $\frac{2}{3}$ Milch + 5 Proz. Rohrz. + 80 g Spinatpulver.
	Kot feucht	439.6 g
	„ trocken	67.2 g
II. Per.	Endgewicht . . .	5730 g
	Anfangsgewicht . .	5670 g
		<hr/>
		60 g = 15 g Zunahme pro die.
	1. Tag	754.2 g
	2. „	1042.4 g
	3. „	1045.1 g
	4. „	1064.6 g
		<hr/>
		3846.3 g, $\frac{2}{3}$ Milch + 5 Proz. Rohrz. + 1200 g Spinat.
	Kot feucht	365.9 g
	„ trocken	65.4 g

Die Untersuchung der Nahrung ergab folgende Resultate. Das mir übergebene Milchzuckergemisch enthielt

in 100 Teilen Trockensubstanz:

3.75 Asche
96.25 Organisches
2.45 N
11.56 Fett
1.41 Pentosen
447.5 kg-cal.

Berücksichtigt man, daß 38·5 Prozent hiervon Rohrzucker sind, so war die verwendete Milch fettarm. Die restierenden 61·5 g enthielten nur 11·56 g, 100 Trockenmilch also rund 18·95, während man meist für die Stadtmilch 21 bis 26 Prozent findet. Auch der N-Gehalt entspricht (3·98 Prozent der Trockensubstanz) den sonst als niedrig gefundenen Werten. 1 g der Trockensubstanz dieser Milch selbst wird etwa 4·797 kg-cal. entsprochen haben, ich habe für gehaltvollere Kuhmilch 5·613 und für entfettete 4·427 kg-cal. gefunden.¹

Bei günstiger Verwertung habe ich bei Milch einen Verlust der eingeführten Kalorien von 5·07 Prozent für den Erwachsenen gefunden², genau den gleichen Wert erhielt ich beim Säugling³, wenn er mit Kuhmilch (unter Zusatz von Zucker) ernährt wird.

Mit Bezug auf die Milchrohrzuckermischung kann man die Nahrung als eine gut resorbierbare bezeichnen.

Die zweite Komponente der Kost bestand aus einer Zugabe von Spinat.

Die beiden Spinatproben waren von verschiedenem Aussehen. Das Spinatpulver (Friedenthal) war weniger grün als der Büchsenpinat. Die ungleiche Farbe trat noch mehr in den alkoholischen Auszügen hervor. Der Büchsenpinat lieferte ein mehr spangrünes Extrakt. Die Zusammensetzung der beiden Proben war für 100 Teile Trockensubstanz:

	Spinatpulver	Büchsenpinat
Asche	18·4	23·53
Organisches	81·6	76·47
Pentosen	8·45	8·04
N	4·94	4·28
Rohprotein	30·87	26·44
Reinzellulose	9·20	11·36
Zellmembran	19·89	22·77
Pentosan in der Zellmembran	4·07	4·80
Restsubstanz	6·62	6·61
Fett	3·97	4·88
Verbrennungswärme	366·4 kg-cal.	336·6 kg-cal.

Beide Proben enthielten etwas Sand, im übrigen unterschieden sie sich in der Zellmembran.

¹ Näheres s. *Zeitschr. für Biologie*. 1898. Bd. XXXVI. S. 63.

² *Ebenda* S. 75.

³ *Ebenda* Bd. XXXVIII. S. 344. Wenn man die hier gegebenen Grundzahlen ausrechnet, so kommt man auf den eben angeführten Wert.

Für aschefreien Spinat fand ich früher 31·8 Prozent Zellmembran es berechnet sich für Spinatpulver (fr.) 24·3 „ „ und für den Büchsenpinat 34·5 „ „

Es ist nicht recht erklärlich, warum das Spinatpulver so erheblich weniger Zellmembran besitzt, in der Verbrennungswärme stimmen beide Spinatsorten fast völlig überein wenn man auf die organische Substanz rechnet:

1 g Spinatpulver liefert 4·490 Kal.
1 g Büchsenpinat 4·400 „

Was die gesamte Nahrungseinnahme der beiden Versuchskinder anlangt, so ergibt sich dieselbe aus folgendem:

Übersicht über die Einnahme an Milch und Zucker allein.

Reihe mit Beifügung von	Kind Belair				Kind Hänel			
	4 Tage		Pro Tag		4 Tage		Pro Tag	
	Trockensubstanz	Kal.	Trockensubstanz	Kal.	Trockensubstanz	Kal.	Trockensubstanz	Kal.
Spinatpulver	491	2197·2	122·7	549·3	537	2403·5	134·2	608·7
Büchsenpinat	422	1888·3	105·5	472·3	500	2237·5	125·0	559·3

Für die tägliche Aufnahme an Spinat ergibt sich in Gramm:

	bei Spinatpulver	bei Büchsenpinat
Trockensubstanz	18·75	19·26
Asche	3·45	4·52
Organisches	15·30	14·68
Pentosen	1·58	1·54
N	0·93	0·82
Rohprotein	5·81	5·12
Reinzellulose	1·72	2·13
Zellmembran	3·72	4·37
Darin Pentosan	0·76	0·92
Restsubstanz	1·24	1·32
Fett	0·74	0·93
Verbrennungswärme	68·4 Kal.	64·6 Kal.

Die täglich eingenommene gesamte Trockensubstanz betrug bei Kind Belair

bei Spinatpulver 141·4 g
„ Büchsenpinat 124·7 „

bei Kind Hähnel

bei Spinatpulver 152.9 g
 „ Büchsenpinat 144.2 „

Für die wesentlichen Bestandteile ergibt sich dann noch als tägliche Gesamtzufuhr:

Kind	Nahrungszusatz	Milch				Spinat				Zusammen			
		Kal.	N	Fett	Asche	Kal.	N	Zell- membran	Asche	Kal.	N	Zell- membran	Asche
Belair	Spinatpulver	549.3	3.00	14.2	4.6	68.4	0.93	3.72	3.45	617.7	3.93	3.72	8.0
	Büchsenpinat	472.3	2.58	12.6	4.1	64.6	0.82	4.37	4.52	536.9	3.40	4.37	8.6
Hähnel	Spinatpulver	608.7	3.29	15.6	5.0	68.3	0.93	3.72	3.45	677.1	4.22	3.72	8.4
	Büchsenpinat	559.7	3.06	14.5	4.7	64.6	0.82	4.37	4.52	623.9	3.90	4.37	9.2
Kind Belair	erhielt bei 4.8 Kilo Gew. im Mittel	577.3 Kal. Brutto p. Kilo 120.2 Kal.											
„ Hähnel	„ „ 5.8 „ „ „ „	650.0 „ „ „ 112.0 „											

Dabei ist beim Eiweiß nicht berücksichtigt, daß ein Abzug für den Verlust an Energiewert durch den Brennwert des Harnes und durch die Stoffwechselprodukte des Kotes gegeben ist. Darüber wird später das Nähere zu besprechen sein.

Über die aus Milch und Spinat gemischte Kost ist noch folgendes Bemerkenswerte anzufügen:

Im Spinat waren bei Kind Belair 11.53 Prozent der Gesamtkalorien enthalten, bei Kind Hähnel 10.22 Prozent, wenn man die unmittelbar gewonnenen Verbrennungswerte zur Berechnung nimmt. Wenn der Spinat etwa analog nebenbei zur Deckung der Nährstoffe bei einem Arbeiter (3000 Kal. pro Tag) in Mengen zu $\frac{1}{10}$ des Nahrungsbedarfes verwendet werden sollte, beträgt die Menge 1212 g frischen Spinat. Für ein Gemüse betrachtet, ist also der Spinatzusatz bei den Kindern relativ schon ein beträchtlicher gewesen, bei freier Wahl der Kost wird beim Erwachsenen kaum diese Höhe erreicht werden; um gedörrten Spinat zu verzehren, fehlt es in der Kost der Erwachsenen in der Regel an entsprechenden Speisen, denen das Pulver als Zusatz beigelegt werden könnte. Die Aschemenge der Kost der Kinder wurde durch den Spinatzusatz zum Teil auf das Doppelte gebracht, doch war ein nicht ganz kleiner Teil dieser „Asche“ nur Sand, herrührend von ungenügender Reinigung des Spinates vor dem Trocknen.

Der Spinat ist das N-reichste Gemüse, bei der großen Menge von verzehrtem Spinat war bei dem Kinde Belair aber doch nur 23.9 Prozent, bei dem Kinde Hähnel nur 21.5 Prozent der ganzen N-Zufuhr mit Spinat

zu decken, wenn man vorläufig den Grad der Verdaulichkeit ganz außer Betracht läßt.

Nach meinen Bestimmungen findet sich 82 Prozent vom Gesamt-N des Spinates in Protein-N, so daß also an sich der ganz überwiegende Teil des vegetabilischen N, Protein-N ist. Die zugeführte N-Menge war, wie es für Kinder die Regel ist, nicht bedeutend, aber doch erheblich höher, als sie bei Brustkindern zu sein pflegt, die sich nach meinen und Heubners Beobachtungen bekanntlich nahe dem Eiweißminimum, d. h. der Abnützungquote halten. Da es von Interesse ist, diese relative Größe der Eiweißzufuhr kennen zu lernen, so läßt sich folgende Betrachtung anstellen. Berechnet man die physiologischen Verbrennungswerte der eingeführten Milch, also den Bruttowert, vermindert um den Brennwert des Harnes und des Kotstoffwechselanteils, so sind für 1 g N 7.83 Kal. abzuziehen.

Der Milchanteil der Milch-Rohrzuckermischung läßt sich aus den obigen Daten zu 4.797 kg-cal. angeben, davon die Abfallprodukte abgezogen, gibt pro 1 g Trockenmilch 4.485.

Die Mischmilch = 61.5 Teile Milch liefert also	2.758 kg-cal.
38.5 „ Rohrzucker	1.525 „
	<u>4.283 kg-cal. im ganzen.</u>

Der physiologisch nutzbare Teil des Spinates liefert bei dem Spinatpulver = 366.4 Kal. und 4.94 g N, von letzteren Protein 4.05 und 0.89 Amid usw. N. Für den Protein-N rechne ich 7.83 Kal. als Abfallstoffe, für den Amid-N 33.1, dann hat man

ab 31.8 für Protein	366.4
+ 29.4 für Amid-N	
<u>61.2</u>	<u>61.2</u>
	bleibt: 305.2 kg-cal.

Analog für den Büchsenpinat 336.6 Bruttokalorien mit 4.28 g N = 3.51 Protein N = 0.77 Amid-N,

	also	336.6
ab für Protein	27.5	
ab für Amid-N	25.4	
	<u>52.9</u>	<u>52.9</u>
		bleibt: 283.7 kg-cal.

Für das Kind Belair ergibt sich

bei Spinatpulver	515.4 + 57.2 = 572.6	kg-cal..
bei Büchsenpinat	451.8 + 54.5 = 506.3	„

Bei Kind Hähnel

bei Spinatpulver $547.7 + 57.2 = 631.9$ kg-cal.

bei Büchsenpinat $535.3 + 54.5 = 589.8$ „

Daraus folgt, daß bei Kind Belair die Kost im Mittel 17.4 Eiweißkalorien enthielt, bei Kind Hähnel 17.03 Eiweißkalorien.

In Untersuchungen mit O. Heubner habe ich zuerst nachgewiesen, daß das Normalkind bei der Brusternährung nahe der Grenze der Abnützungquote in seinem Eiweißumsatz bleibt (5 Prozent Eiweißkalorien) bei einem atrophischen Kinde betrug der Eiweißanteil 11 Prozent, bei dem Kind mit Kuhmilchkost 15 bis 16 Prozent Eiweißkalorien, damit gehen die obigen Zahlen wieder überein.¹

Kind Belair verbrauchte pro Tag 3.68, Kind Hähnel 4.06 g N, während das Minimum etwas mehr wie ein Viertel dieser Größe ausmacht.

Die Pentosenzufuhr in Milch und Spinat war folgende:

Kind Belair				
Spinatpulver	1.73 Milch	1.58 Spinat	3.31	Summe
Büchsenpinat	1.49 „	1.54 „	3.03	„
Kind Hähnel				
Spinatpulver	1.89 Milch	1.58 Spinat	3.47	Summe
Büchsenpinat	1.76 „	1.54 „	3.30	„

Die Ausscheidungen der Kinder sahen ungefähr so aus wie der gefütterte Spinat, es war also eine große Menge von Chlorophyll wieder ausgetreten.

Die Untersuchung der ausgeschiedenen Kote ergab folgendes Resultat: Zusammensetzung des Kotes Kind Belair:

In 100 Teilen Trockensubstanz war:

	Spinatpulver	Büchsenpinat
Asche	18.77	19.69
Organisches	81.23	80.31
Pentosen	6.71	6.53
N	4.06	3.67
Reinzellulose	11.77	16.07
Zellmembran	23.39	20.55
Darin Pentosan	3.03	2.39
Restsubstanz	8.59	2.09
Fett	9.91	8.17
Verbrennungswärme	400.0 Kal.	445.0 Kal.

Die Kotsorten schienen daher im wesentlichen recht übereinstimmend zusammengesetzt, erheblich war die Menge der Zellmembran, die 23 bis 20 Prozent des aschehaltigen Kotes ausmacht.

Für den Tag wurde vom Kind Belair entleert in Gramm:

	bei Spinatpulver	bei Büchsenpinat
Trockensubstanz	12.97	11.47
Asche	2.43	2.26
Organisches	10.54	9.21
Pentosen	0.87	0.75
N	0.54	0.42
Reinzellulose	1.53	1.84
Zellmembran	3.03	2.36
Darin Pentosan	0.39	0.27
Restsubstanz	1.11	0.25
Fett	1.28	0.93
Verbrennungswärme	52.0 Kal.	51.2 Kal.

Die Analysen waren vielfach dadurch etwas erschwert, daß bei den vielen Einzelfeststellungen immerhin gespart werden mußte, doch sind fast überall Doppelanalysen möglich gewesen. Da es zweckmäßig sein wird, die Resultate bei den beiden Kindern gemeinsam zu besprechen, so reihe ich die Untersuchungen der Ausscheidungen des Kindes Hähnel noch hier an.

Zusammensetzung der Kotsorten für 100 Teile Trockensubstanz (Hähnel)

	bei Spinatpulver	bei Büchsenpinat
Asche	20.03	25.62
Organische Substanz	79.97	74.38
Pentosen	9.90	8.92
N	3.41	3.02
Reinzellulose	10.28	14.33
Zellmembran	22.18	23.63
Darin Pentosan	3.66	2.72
Restsubstanz	8.24	6.58
Fett	8.54	11.35
Verbrennungswärme	369.8 Kal.	369.1 Kal.

¹ Zeitschr. f. Biol. Bd. XXXVIII. S. 393.

Für den Tag wurden vom Kind Hähnel entleert:

	bei Spinatpulver	bei Büchsenpinat
Trockensubstanz	16·77	16·35
Asche	3·36	4·19
Organisches	13·41	12·16
Pentosen	1·66	1·46
N	0·57	0·49
Reinzellulose	1·72	2·34
Zellmembran	3·72	3·86
Darin Pentosan	0·62	0·44
Restsubstanz	1·39	1·08
Fett	1·43	1·85
Verbrennungswärme	62·0 Kal.	60·34 Kal.

Aus diesen analytischen Ergebnissen läßt sich über die Verdauung der Spinatzellmembran und der Pentosen im allgemeinen folgendes schließen:

Zusammenstellung des Verlustes an Pentosen und Zellmembran:

Kind		Pentosen insgesamt	Zellmembran	Zellulose	Pentosan in Zellen	Lignine usw.
Belair	Spinatpulver	26·28	81·45	88·95	51·31	89·52
	Büchsenpinat	24·75	69·33	86·39	29·35	18·94
Hähnel	Spinatpulver	48·12	100·00	100·00	80·25	100·00
	Büchsenpinat	44·24	83·75	100·00	47·82	81·81

Nach den Untersuchungen, die ich über die Ausnützbarkeit der Spinatzellmembran beim Hunde gemacht habe, ist die letztere von mäßig guter Verdaulichkeit: 57·02 Prozent wurden verloren, dabei 70·33 Prozent der Zellulose, 56·0 Prozent der Lignine usw. Substanz und 31·63 Prozent der Pentosane der Zellmembran selbst.¹

Die Verdaulichkeit des Spinates war für beide Präparate verschieden, das Spinatpulver war bei beiden Kindern weniger gut aufgenommen worden, ein Beweis, daß es auf die feinste Zermahlung bei Spinat überhaupt nicht ankommt, auch ohne diese verläuft die Resorption innerhalb der von der Natur überhaupt gestellten Grenzen. Am besten verdaute Kind Belair und zwar den Büchsenpinat allerdings nicht so gut, wie der Hund die Spinatzellmembran ausnützt. Die Zellulose selbst bleibt schwer verdaulich, Pentosane und Lignine sind aber weitgehend aus der Zellmembran aus-

¹ Dies Archiv. 1915. Physiol. Abtlg. S. 263.

gezogen worden. Wesentlich schlechter ist schon die Ausnützung bei dem Spinatpulver gewesen, zwar werden die Pentosane noch gut angegriffen, Zellulose und Lignine sind nur unvollkommen gelöst. Kind Hähnel nahm im Spinatpulver so gut wie nichts auf, nur die Pentosane sind etwas angegriffen worden.

Hier liegt aber ein gewisser Widerspruch in den Analysen, die Einnahme an Zellmembran war etwas geringer als der Verlust, ich kann daher nur annehmen, daß das verfütterte Material nicht ganz gleichartig gewesen ist; so daß in der Einnahme etwas mehr enthalten war, als ich berechne. Vom Büchsenpinat ist die Resorption etwas günstiger. Die Zellulose wird aber fast gar nicht angegriffen, wohl aber stark die Pentosane und in geringem Grade die Lignine usw.

Zweifellos liegt zwischen beiden Kindern ein Unterschied vor, das prägt sich auch wieder in der Resorption der Pentosane überhaupt aus.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß die Resorption der Zellmembran offenbar weit mehr als die irgendeines anderen Nahrungstoffes von anscheinend zufälligen Umständen abhängig ist, weil eben bakterielle Eingriffe dabei offenbar eine wesentliche Rolle spielen und diese von Momenten, die man nicht voraussehen kann, abhängig sind.

Die Zusammensetzung der Zellmembran in der Einfuhr und Ausfuhr war verschieden.

Die Zusammensetzung der Zellmembran des verabreichten Spinates ergab etwas mehr an Zellulose, als ich früher gefunden habe.

100 Teile enthielten:

	bei Spinatpulver	bei Büchsenpinat
Zellulose	46·23	49·74
Pentosan	20·43	21·06
Restsubstanz	33·34	29·20

Die Zellmembran der Kotsorten ergab pro 100 Teile:

	Bei Spinatpulver		Bei Büchsenpinat	
	Kind Belair	Kind Hähnel	Kind Belair	Kind Hähnel
Zellulose	50·32	46·35	78·19	60·64
Pentosan	12·95	16·50	11·63	11·51
Restsubstanz	36·73	37·15	10·18	27·85

Da die Resorption der einzelnen Komponenten der Zellmembran verschieden ist, so ordnet sich demgemäß auch die Zusammensetzung der Zellmembran aus Kot sehr verschieden.

Die Gesamtausnützung der ganzen Nahrung im Verhältnis zur gesamten Einfuhr war folgende:

Kind	Kost	Ausscheidung pro Tag			In Prozent der Einnahme verloren		
		Kal.	N g	Asche g	Kal.	N g	Asche g
Belair	Spinatpulver .	52.0	0.54	2.43	8.42	17.64	30.37
	Büchsenpinat	51.2	0.32	2.26	9.53	12.16	26.28
Hähnel	Spinatpulver .	62.0	0.57	3.36	9.16	17.48	40.00
	Büchsenpinat	60.3	0.49	4.19	9.63	16.68	45.54

Betrachtet man die Menge der ausgeschiedenen Kalorien, so bleibt in beiden Fällen ein geringes Maß besserer Ausnützung zugunsten des Spinatpulvers, obschon gerade dieses sich hinsichtlich der Verdauung der Zellmembran weniger gut gestellt hat, die Eiweißresorption aber war umgekehrt günstiger bei dem Büchsenpinat. Es läßt sich aber nicht erkennen, auf welchen Anteil — Milch oder Spinatresorption — diese zurückzuführen ist. Wenn man annimmt, daß die Milch so resorbiert worden ist, wie unter normalen Verhältnissen, d. h. mit 5.07 Prozent Kalorienverlust, so sind folgende Kalorienmengen auf die Zugabe von Spinat zu beziehen.

	Kind Belair		Kind Hähnel	
	Spinatpulver	Büchsenpinat	Spinatpulver	Büchsenpinat
In der Entleerung	52.0 Kal.	51.2	62.0	60.3
Aus Milch . . .	26.1	23.0	27.8	27.1
Mehr durch Spinat	25.9	28.2	34.2	33.2

Die bessere Resorption bei Kind Belair tritt wieder deutlich hervor. Bezieht man diese „Überschüsse“ auf den gefütterten Spinat, so macht der Verlust aus:

37.8 %	43.8 %	50.0 %	51.4 %
--------	--------	--------	--------

Der gesamte Nutzeffekt ist demnach relativ gering gewesen, dies begreift man aus den früheren Resultaten ungünstiger Verwertung der Zellmembran, denn diese macht ja einen sehr bedeutenden Anteil des ganzen Nährwertes aus, im übrigen übt der hohe Gehalt an Chlorophyll, das anscheinend größtenteils mit dem Kote wieder abgeht, auch einen wesentlichen Einfluß auf dies Ergebnis aus.

Das Kind Hähnel hat im Durchschnitt den Spinat ungünstiger resorbiert, wie das Kind Belair. Es erübrigt jetzt noch, auf die N-Ausnutzung

einzugehen. Ich habe schon mehrfach darauf hingewiesen, daß die Zellmembranen stets noch N einschließen und habe zeigen können, daß diese N-Menge, welche in ihnen verbleibt, wohl die Hauptmasse, wenn nicht allen unverdaulichen N der pflanzlichen Nahrung darstellt.

Aus diesen Beobachtungen entnehme ich die Veranlassung, in den vorliegenden Versuchen eine solche Rechnung über die Unverdaulichkeit des Spinatproteins aufzustellen. Ich gebe dabei die N-Menge an, welche ich durch direkte Bestimmung in der Zellmembran gefunden habe und vergleiche sie mit der Zufuhr. Gesamtstickstoffausscheidung vermindert um den N in der Zellmembran, gibt dann die Menge des N, welcher aus Stoffwechselprodukten und der Milch herrührt. Nachfolgende Tabelle enthält die entsprechenden Angaben.

Kind	Spinatart	Aufnahme N in der Milch	Aufnahme im Spinat	Summe der Aufnahme	N im Kot insgesamt	N in der Zellmembran	bleibt für Milchkot	Verlust an N insgesamt	Verlust an Spinat-N	Verlust an Milch-N
Belair	Spinatpulver .	3.10	0.93	3.93	0.54	0.27	0.27	13.7	29.0	9.0
	Büchsenpinat	2.58	0.82	3.40	0.42	0.24	0.68	12.3	28.9	7.0
Hähnel	Spinatpulver .	3.29	0.93	4.22	0.57	0.29	0.28	13.5	31.2	8.5
	Büchsenpinat	3.06	0.87	3.90	0.61	0.17	0.32	12.5	20.7	10.4

Für die N-Ausnutzung der Milch ergibt sich im Mittel aller Versuche bei beiden Kindern 8.81 Prozent Verlust, bei Kind Belair 7.99 Prozent, bei Kind Hähnel 9.43 Prozent.

Beim Erwachsenen habe ich bei mittlerer Milchmenge früher einen N-Verlust von 6.75 Prozent gefunden¹, aber bei größeren Milchgaben bis 12.9 Prozent, beim Säugling fand Heubner und ich einen N-Verlust von 6.38 Prozent², was günstig erscheint, da der Säugling eben sich von Milch allein ernährt und relativ viel mehr verzehrt als ein Erwachsener. Die Zahl 8.8 Prozent weicht nicht erheblich von der zu erwartenden N-Ausscheidung ab, sie läßt also annehmen, daß der Spinat keine nennenswerte Schädigung der Resorption des Milcheiweißes herbeigeführt hat, vielleicht hat eine solche bei Kind Hähnel vorgelegen.

Vom Spinat-N ist aber ein erheblicher Bruchteil verloren gegangen, bei Kind Belair rund 29 Prozent, bei Kind Hähnel betrug der Verlust einmal 31.2 Prozent, das andere Mal 20.7. Ähnlich hohe Zahlen habe ich

¹ *Zeitschr. f. Biol.* 1898. Bd. XXXVI. S. 62.

² *Ebenda* Bd. XXXVIII. S. 330.

Archiv f. A. u. Ph. 1916. Physiol. Abtlg.

beim Hund für die Resorption der Eiweißstoffe bei Mohrrüben, Spinatzellmembranen und Kleie-N gefunden. Es gehen also von dem Spinat-N zwischen 21 bis 31 Prozent verloren.

Was die Beschaffenheit des Kotes anlangt, so hatte Geheimrat Haberlandt die Freundlichkeit, ihn einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Ausgewählt wurde die Spinatpulverfütterung. In den feinkrümligen und körnigen Klümpchen von grüner Farbe ließen sich histologische Bestandteile kaum mehr erkennen. Parenchymzellwände sind nicht nachweisbar, dagegen sind vollkommen intakt die Bruchstücke der starkverholzten Gefäße, bzw. ihre Spiralfasern. Von vielen Krümchen lösen sich sehr zahlreiche, stäbchenförmige große Bakterien los.

Aus dieser Darstellung ergibt sich, daß die mechanische Zertrümmerung bei der Herstellung des Gemüsepulvers eine sehr weitgehende war. Diese traf alle weicheren Elemente. Der Auflösung der Zellmembran standen also in dieser Hinsicht keine Hindernisse entgegen, trotzdem war sie gering.

Ob dieser Vorgang irgend etwa mit dem frühen Lebensalter der Kinder in ursächlichem Zusammenhang steht, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Über einen Versuch am Erwachsenen mit einer Zulage von 1400 g Spinat zu einer gemischten Kost, die aus Milch, Kaffee, Eier, Butter, Rindfleisch, Reis, Grahambrot und Haferschleim bestand und einer analogen mit 100 g Friedenthalschem Spinatpulver berichtet Strauch, wobei die Verbrennungswärme des entleerten Kotes als Maßstab der Resorption genommen wurde.¹ Strauch meint, die kalorische und N-Ausnutzung des Spinatgemüses und Spinatpulvers sei annähernd die gleiche. Wenn ich die mitgeteilten Zahlen betrachte, so scheint sich mir ein anderes Resultat zu ergeben. Berechnet man die N-Ausscheidung und die Kalorien der Vor- und Nachperiode ohne Spinat und die Spinatfütterungen, so zeigt sich folgendes:

	Normalkost	Spinatgemüse	Spinatpulver
Kalorien im Kot . . .	150·0	158·0	136·0
N im Kot	1·34	1·17	1·14

Es war also bei den Kalorien der Spinatgemüsezusatz wohl sichtbar geworden, bei Spinatpulver kommt aber überhaupt weniger Ausscheidung, als die Normalkost liefern muß, bei N kommt in der Normalkost mehr pro Tag als bei Spinatzugabe, was unmöglich erscheint. Denn die Ausnutzung könnte höchstens vollkommen sein, was jeder Erfahrung widerspricht, aber der Spinatzusatz kann kaum die andere Ausnutzung in Milch, Eier, Butter, Rindfleisch, Reis, Grahambrot und Haferschleim verändern,

¹ *Zeitschr. d. exper. Pathol. und Ther.* 1913. S. 9.

oder wenn es geschähe, so ist eben die Versuchsanordnung zum Entscheid nicht geeignet. Nach meinen Erfahrungen ist die Zugabe von Grahambrot, das außerordentlich im Kleiegehalt schwankt, für solche Experimente nicht anwendbar.

Nach Lohrisc¹, der Spinat als Zusatz zu anderer Nahrung gab, soll die „Zellulose“ des Spinates zu 70 bis 90 Prozent ausgenutzt werden, doch steht nicht fest, ob die von ihm eingeführte Methode des Zellulosenachweises für den Kot als zureichend angesehen werden kann. Die Versuche von Lohrisc sind auch meist zu kurzdauernd, um sichere Resultate zu geben.

¹ *Zeitschr. d. exper. Pathol. und Ther.* 1908.