

heit des Ausgangsmaterials zurückzuführen ist. Zwischen den beiden Graupensorten war ein Unterschied der Zusammensetzung nicht aufzufinden, doch steht die Natur des Ausgangsmaterials nicht fest. Die hohe Ausmahlung stört beim Genuß der Graupen nicht, wohl aber wird durch diesen gemeinsamen Genuß von Brot aus 80prozent. Ausmahlung mit Graupen von 60 oder 67 die Menge der Zellhüllen in den Ausscheidungen mehr oder minder stark vermehrt.

Die Verdaulichkeit der Graupen, wie sie jetzt im Handel vorkommen, wird sehr nahe der des Gerstenbrotes sein, dessen Untersuchung vorstehend berichtet worden ist.

Die Verwertung von Keimlingen der Zerealien für die menschliche Ernährung.

Von

Geheimrat **Max Rubner.**

In dieser Zeitschrift habe ich über die Verwertbarkeit des Keimlingsmehles von Roggen und Weizen nähere Angaben nach Versuchen am Hunde gemacht und festgestellt, daß die möglichst von Kleie freigehaltenen Keimlinge ein ganz vorzügliches Nahrungsmittel sind, ihre Eiweißstoffe werden fast restlos aufgesaugt und die eigentliche Zellmembran des Keimlingsgewebes ist außerordentlich viel besser resorbierbar wie die Frucht- und Samenschale des Getreidekornes. Wenn man auch nur in runden Summen 1 Prozent des Getreides als Ausbeute von solchem Keimlingsmehl erwarten darf, so stellt es eben doch ein neues, für bestimmte Ernährungszwecke vorteilhaft zu verwendendes Material dar. Bei diesem Stande der Dinge war es erwünscht, am Menschen selbst Versuche in einer Weise anzustellen, um die wesentlichen Punkte der günstigen Verdaulichkeit, die ich am Hunde beobachtet habe, nachzuprüfen.

Das Keimlingsmehl für sich läßt eine Verwendung zur Herstellung eines Gerichtes nicht wohl zu, daher war es nötig, dasselbe als Zusatz zu einem anderen Nahrungsmittel zu benutzen. Ich habe daraus ein Brot herstellen lassen. Um die Wirkung der Keimlinge möglichst klar hervortreten zu sehen, mußte feines Weizenmehl zu dem Gebäcke verwendet werden, weil bei diesem der geringe Kleiegehalt bekannt und die außerordentlich günstige Verdaulichkeit festgestellt ist.¹ Feines Weizenmehl enthält nur

¹ *Dies Archiv.* 1916. Physiol. Abtlg. S. 81.

2.66 Prozent Zellmembran, die mit 24.6 Prozent Verlust verdaulich ist. Backversuche der staatlichen Versuchsbäckerei ergeben, daß man leicht $\frac{1}{5}$ des Weizenmehls durch Keimlingsmehl ersetzen kann.

Ein solches Brot, das geht aus der Natur der Mischung hervor, wird reich an Eiweiß, weit reicher als ein Vollkornbrot, auch wenn nur mäßige Mengen von Keimlingen mit verbacken werden, die Bestandteile der Mischung sind nachstehend aufgeführt.

Keimlingsversuch.

	100 Teile trockenes Brot	Oehm pro Tag 850.2 g	Schönherr pro Tag 756.3 g
Asche	2.30	19.5	17.4
Organisches	97.70	830.7	738.9
N	2.63	22.36	19.89
Pentosan	5.02	42.67	38.46
Zellmembran	2.87	24.40	21.70
davon Pentosan	0.68	5.78	5.14
„ Zellulose	1.42	12.07	10.73
„ Restsubstanz	0.77	6.55	5.82
Fett	2.80	23.80	21.16
Kalorien	438.7	3729.7 ¹	3317.8 ²

In 100 Teilen Zellmembran

Zellulose	49.47
Pentosan	23.83
Rest	36.65

Es wurden $\frac{4}{5}$ lufttrockenes Weizenmehl mit $\frac{1}{5}$ lufttrockenen Roggenkeimlingen gemischt, letztere wurden benützt, weil sie kleieärmer waren wie die Weizenkeimlinge, die mir zur Verfügung standen. Das Brot war dunkler wie das aus reinem Weizenmehl hergestellte, aber außerordentlich locker und von vorzüglichem Geschmack. Zwei Versuchspersonen, die schon zu zahlreichen anderen Experimenten gedient hatten, aßen nach freiem Willen bis zur Sättigung, außerdem konnten kleine Quantitäten Fett und etwas Zucker als Beikost zur Verfügung gestellt werden. Den Gang der Experimente ersieht man aus nachstehender Tabelle

¹ Dazu noch 395 Kal. aus Fett und Zucker = 4124.7 Kal. im ganzen.

² „ „ 410 „ „ „ „ „ = 3728.0 „ „ „

Weizenauszugsmehl + 20 Prozent Roggenkeimlingsmehl.

Oehm.

Datum	Versuchstag	Körpergewicht	N a h r u n g	Brot, frisch berechnet	K o t		
					Zeit	frisch	trocken
1917							
28. II.	1.	70 $\frac{1}{2}$	1410 g Brot, 40 g Fett, — g Zucker	1410.0	—	—	—
1. III.	2.		1340 „ — „ 90 „	1363.6	1 ^h 30' n.	75	25
2. III.	3.	69 $\frac{1}{2}$	1350 „ — „ 90 „	1407.2	—	—	—
3. III.	4.		1260 „ — „ 90 „	1314.1	10 00 v.	229	69
4. III.	5.	70	1220 „ — „ 90 „	1295.3	12 15 n.	297	77
5. III.	6.		1240 „ 60 „ — „	1320.6	—	—	—
6. III.	7.	70	—	—	10 00 v.	210	90
					4 30 n.	74	15
			pro Tag g	1351.8	Se.	g 276	
			Trockensubstanz = g	850.0			

Brot 1700 g frisch = 1070 g lufttrocken und vermahlen. = 62.94 Prozent Trockensubstanz.

Schönherr.

Datum	Versuchstag	Körpergewicht	N a h r u n g	Brot frisch	K o t		
					Zeit	frisch	trocken
1917							
28. II.	1.	66 $\frac{1}{2}$	1310 g Brot, 50 g Fett, — g Zucker	1310.0	—	—	—
1. III.	2.		1065 „ — „ 90 „	1077.8	6 ^h 45' n.	250	70
2. III.	3.	66	1190 „ — „ 90 „	1241.1	—	—	—
3. III.	4.		965 „ — „ 90 „	994.2	10 45 v.	200	60
4. III.	5.	66	1170 „ 10 „ 90 „	1229.3	2 15 n.	210	60
5. III.	6.		1230 „ 50 „ — „	1315.6	6 45 „	120	30
6. III.	7.		—	—	10 15 v.	199	59
			pro Tag g	1194.6	Se.	g 279	
			Trockensubstanz = g	756.3			

Die verwendeten Roggenkeimlinge hatten 92.6 Prozent Trockensubstanz und in 100 Teilen trocken:

Asche	6.76
Organisches	93.24
Gesamtpentosan	7.33
Zellmembran	7.99
mit Pentosan	2.55
„ Zellulose	3.13
„ Restsubstanz	2.31
N	6.57
Fett	14.44
Kalorien	487.8

Das Weizenmehl hatte 87.55 Prozent Trockensubstanz und in dieser:

Asche	0.32
N	1.59
Pentosan	3.99
Kalorien	435.20

80 Prozent Mehl = 70.4 Trockensubstanz + 20 Teile Keimlinge = 18.5 Trockensubstanz geben in 100 Trockensubstanz des Brotes 79.2 Teile Mehl und 20.8 Teile Keimlingsmehl¹:

Die Zusammensetzung des Brotes, die eingeführten Nahrungsmengen s. S. 352, die Ausscheidungen sind nach ihren analytischen Ergebnissen in folgender Tabelle zusammengefaßt:

	In 100 Teilen Kot		In 44.8 g trockenem Kot Oehm	In 45.5 g trockenem Kot Schönherr
	Oehm	Schönherr		
Asche	12.10	13.01	5.42	5.91
Organisch	87.90	86.99	39.4	39.6
N	7.10	7.55	3.18	3.43
Pentosan	5.49	4.85	2.46	2.21
Zellmembran	15.79	14.06	6.97	6.40
darin Pentosan	3.48	2.98	1.56	1.35
„ Zellulose	6.77	4.64	3.03	2.11
„ Restsubstanz	5.54	6.44	2.48	2.93
Fett	10.61	8.40	4.75	3.82
Stärke	4.00	6.20	1.80	2.82
Kalorien	506.9	496.1	227.2	226.0
	In 100 Teilen Zellmembran			
Zellulose	42.39	33.00		
Pentosan	21.79	21.19		
Rest	35.82	45.81		

¹ Dieses Mischungsverhältnis entspricht auch dem mittleren N-Gehalt des Brotes, berechnet 2.63 aus Keimling und Mehl, im Brot gefunden 2.63.

Das Charakteristische des Brotes ist sein erheblicher Proteingehalt = 16.4 Prozent, die verzehrten Brotmengen waren erheblich. Person O. verzehrte 850g Trockensubstanz, eine Menge, die aber nach meinen früheren Versuchen die günstige Grenze der Verdaulichkeit von Weizenmehl hoher Ausmahlung nicht überschreitet. Die festen Ausscheidungen waren bei beiden Personen fast dieselben, doch hat Sch. etwas weniger Nahrung aufgenommen als O., so daß relativ bei ihm die Kotbildung etwas höher war. Nimmt man zunächst die unmittelbaren Ergebnisse der Ausscheidung, so ging

zu Verlust bei O. 6.09 Prozent der eingeführten Kalorien,
 „ „ „ Sch. 6.81 Prozent „ „ „
 und an N „ O. 14.22 Prozent der Zufuhr,
 „ Sch. 17.23 Prozent „

In früheren Versuchen habe ich¹ für feines Weizenbrot einen Verlust von 4.5 Prozent der Kalorien und 12.3 Prozent des N gefunden, die geringe Erhöhung des Verlustes hier muß auf Rechnung des Kleiegehaltes, den das Keimlingsmehl brachte, zurückgeführt werden in dem Sinne, daß Kleie stets die gesamte Kotbildung steigert. Jedenfalls kann dieses Brot ein gut resorbierbares genannt werden, denn es differiert von optimalen Werten nur um wenige Prozente.

Welchen Anteil an diesen Verlusten die Keimlinge genommen haben, läßt sich nur nach eingehender kritischer Besprechung der analytischen Ergebnisse ersehen.

Von dem im Kot entleerten N war ein Teil als Protein noch in der unverdauten Zellmembran nachzuweisen, oder zum Teil als Protein nach Lösung der Zellmembran liegen geblieben. Dieser Anteil wurde direkt bestimmt, so ergibt sich dann folgende Betrachtung:

Person	Protein im Kot pro Tag	= N	N im Kot pro Tag	Protein-N abgezogen	N-Aufnahme im Tag	Verlust an Protein-N in Prozenten	Verlust an Stoffwechsel-N in Prozenten	Verhältnis des Gesamt-Kot-N z. Stoffwechsel-N in Prozenten
O.	8.01	1.28	3.18	1.96	22.36	5.73	8.76	61.6
Sch	11.77	1.88	3.43	1.55	19.89	9.45	7.79	45.1

Die Kot-N-Ausscheidung teilt sich, wie immer bei Vegetabilien, in einen Stoffwechselanteil und in Unresorbiertes. Die Menge des Stoffwechselanteiles stimmt in beiden Fällen sehr nahe überein (8.8:7.8 Prozent) = 8.27 Prozent der Zufuhr im Mittel, dagegen weicht der Verlust durch

¹ Dies Archiv. 1916. Physiol. Abtlg. S. 86.

unresorbiertes Protein stärker ab, bei O. sind nur 5·73 Prozent, bei Sch. 9·45 Prozent des Proteins nicht resorbiert worden. An diesem Proteinverlust ist in erster Linie sicher jener Proteinanteil beteiligt, der schon im Brote in der Zellmembran steckt. Dieser Anteil betrug 0·33 g N p. 100 Teilen trockenen Brotes, also bei O. 2·8, bei Sch. 2·49 g N pro Tag. Wie sich später bei der Betrachtung der Resorption der Zellmembran zeigen wird, haben beide Versuchspersonen die letztere gleich gut, d. h. fast zu $\frac{7}{10}$ resorbiert. Dann hätte man annehmen sollen, daß auch der Protein N der Zellmembran in gleichem Maße zur Resorption gelangen müßte. Die Berechnung zeigt, daß bei O. aber 45·7 Prozent verloren werden, bei Sch. 75·5 Prozent, also bei O. 54 Prozent, bei Sch. 24 Prozent zur Resorption kamen, in beiden Fällen weniger als Zellmembranen aufgelöst wurden, die Zerstörung der letzteren und die Proteinresorption decken sich also nicht, das Verhältnis liegt ähnlich wie bei der Pentosanresorption in anderen Fällen, wobei auch eine Loslösung der Pentosane ohne Resorption vorkommen kann.

Diese Überlegungen zeigen aber, daß das freiliegende Protein überhaupt, d. h. jenes nicht an die Zellmembran gebundene sozusagen restlos resorbiert worden sein wird. Durch das ungleiche Verhalten des Protein N wird die Relation zwischen Proteinverlust und Stoffwechselverlust an N etwas verschoben und bei Sch. auf 45 Prozent für den Stoffwechselanteil herabgedrückt gegen 62 Prozent bei O. Ich komme also bezüglich der Resorptionsfähigkeit der Keimlingsproben zu derselben Anschauung, die ich bereits auf Grund der Versuche am Hunde ausgesprochen habe. Das Keimlings-eiweiß gehört zu den bestresorbaren Pflanzeneiweißstoffen.

Was die Stoffwechselprodukte des Kotes im allgemeinen, soweit sie durch die kalorimetrische Messung umfaßt werden können, anlangt, so hat sich durch meine Untersuchungen ergeben, daß ihre Menge zunimmt, wenn ein Mehl von schlechterer Ausmahlung vorliegt und aus den Versuchen mit anderen Vegetabilien hat sich gezeigt, daß die Stoffwechselprodukte in ihrer Menge offenbar mit der Eigenart des Nahrungsmittels zusammenhängen.

Daher war es a priori von Interesse, zu sehen, ob etwa die Keimlinge sich in dieser Hinsicht spezifisch wirksam verhalten, eine solche Wirkung kann aber nicht rein hervortreten, weil die Keimlinge noch Kleie einschließen, deren steigender Einfluß auf die Kotbildung durch meine früheren Untersuchungen über Weizen- und Roggenbrot schon näher bestimmt ist. Die weitere Berechnung zeigt folgendes für das Keimlingsbrot.

Die Stoffwechselprodukte insgesamt ergeben sich aus folgender Tabelle:

Person	Verlust an Kalorien im Kot				Kalorien im Kot insgesamt	Kalorien im Kot aus Stoffwechselprodukten	Verzehnte Kalorien im Tag	Vom Verzehrten entstehende Stoffwechselprodukte	Von 100 Kalorien sind Stoffwechselprodukte
	Stärke	Zellmembran	Pentosan	Summe					
O.	7·56	80·1	3·51	91·17	227·2	136·6	3730	3·65	59·9
Sch.	11·84	81·3	3·35	96·49	226·0	129·5	3318	3·87	57·1
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	3·76	58·5

Die Menge der Stoffwechselprodukte ist, wie man sieht, in beiden Versuchsreihen so gut wie identisch = 3·76 Prozent der Zufuhr im Mittel, also sehr gering; der Verlust an Unresorbiertem beträgt bei O. (6·09 — 3·65 =) 2·44 Prozent der Zufuhr und bei Sch. (6·81 — 3·87 =) 2·94 Prozent der Zufuhr. Das Verhältnis zwischen Stoffwechselprodukten und Gesamtkalorienverlust ist 58·5 Prozent, eine Zahl, die bei den bisherigen Versuchen sehr häufig in ähnlicher Höhe gefunden wurde. Es läßt sich also nicht beweisen, daß die Keimlinge eine besondere, die Stoffwechselprodukte steigernde Wirkung besitzen. Insoweit das Keimlingsbrot obiger Herstellung in der Bildung von Stoffwechselprodukten des Kotes über die Grenzen reinen Weizenbrotes hinausgeht, kann diese Wirkung ganz auf die mehr nebensächliche Beigabe von Kleiebestandteilen zurückgeführt werden. Weitgehende Abtrennung der Kleiebestandteile ist also die Vorbedingung für noch weitere Steigerung der Resorption eines Weizenkeimlingsgemisches.

Ausgezeichnet ist die Resorption der Stärke. Wenn ich den Gehalt der Zufuhr an Stärke berechne, so hatte das Brot 77·6 Prozent der Trockensubstanz.² O. hat 660·4 und Sch. 587·3 g Stärkemehl verzehrt, im Kot wurden nach direkter Bestimmung nur 1·8 g bzw. 2·82 g Stärke verloren, was für O. 0·27, für Sch. 0·48 Prozent Verlust an Stärke ausmacht. In anderen Fällen habe ich oft bemerkt, daß es stets Teile der Kruste sind, die allenfalls unresorbiert bleiben, es müssen also offenbar durch die Verhärtung bei der Krustenbildung manchmal dauernde Schwierigkeiten für die Resorption kleiner Reste des Brotes geschaffen werden.

Nun ist aber noch folgendes zu bemerken. Unter Stärke fällt bei obiger Berechnung auch noch jener Anteil von Pentosan, der nicht in der Zellmembran enthalten ist. Zieht man diesen Anteil von der Einnahme von

¹ Nach direkter Bestimmung der Verbrennungswärme.

² Gesamtmenge des Brotes, abzüglich Protein, Asche, Fett.

Stärke noch ab, so bleibt bei O. (660·4 — 36·9) 623·5, bei Sch. (587·3 — 32·4) = 553·9 reine Stärke und dementsprechend erhöht sich der Verlust an Stärke auf 0·29 bis 0·51 Prozent, was belanglos ist. Jedenfalls hat das Beibacken von Keimlingen die Resorption der Stärke in keiner Weise nachteilig beeinflusst.

Der Verlust an Pentosan, Zellmembran und deren Teilen war folgender:

	Oehm	Schön- herr	Mittel	Verlust beim Menschen für feinstes Weizenmehl	Verlust beim Hundever- s. nur für Keimlinge
An Gesamtpentosan . . .	5·76	5·74	5·75	6·60	20·50
„ Zellmembran	28·15	29·49	28·82	24·60	32·23
Pentosan der Zellmembran	26·98	26·26	26·62	43·20	24·41
Zellulose „ „	25·10	19·66	22·38	21·90	47·52
Restsubst. „ „	37·70	50·34	44·02	24·50	8·18
An freien Pentosanen . .	2·44	2·58	2·51	4·1	12·98

Die Gesamtpentosane werden ausgezeichnet resorbiert und wenn man nur jene Mengen in Betracht zieht, welche nicht an Zellmembran gebunden sind, so ist der Verlust nur 2·51 Prozent. Das Zellmembrangemenge wurde recht gut aufgelöst und auch die Zellulose. Das Ergebnis unterscheidet sich nicht viel von den Resultaten, die bei ausschließlichem Weizenbrotgenuß aus feinstem Mehl (s. Stab 4) bei einer anderen Person gewonnen worden war, nur waren dabei die Pentosane der Zellmembran weniger gut, die Restsubstanz aber etwas besser verwertet worden. In der Verwertung der Roggenkeimlinge unterscheidet sich andererseits der Hundedarm nicht nennenswert von den Ergebnissen des Keimlingsbrotes beim Menschen, nur gelangten die Pentosane, sowohl „freie“ wie jene der Zellmembran weniger gut zur Resorption und die Zellulose am ungünstigsten, dafür aber auffallend gut die Restsubstanz. Man sieht auch in diesem Fall wieder, wie sich Schwankungen der Resorbierbarkeit finden, die niemals hinsichtlich des Eiweißes, des Fettes, der Stärke beobachtet werden, ein Beweis für die besonderen Resorptionsbedingungen der Zellmembran.

Die Keimlinge sind also auch für den menschlichen Darm ein leicht resorbierbares Material, das nach keiner Richtung hin ungünstige Rückwirkungen zeigt, auch nicht einmal bei Mischung mit feinstem Weizenmehl, das zu den bestresorbierbaren Vegetabilien zu rechnen ist. Je reiner an Kleie das Keimlingsmehl wird, um so größer kann der Prozentsatz sein, in dem es sich zu Brot beibacken läßt; auf diese Weise entsteht dann ein Material, das ein hervorragender Eiweißträger genannt werden kann und

damit andere Zusätze zu Mehl, wie z. B. Eier, wie dies bisher für besondere Arten von Zwieback der Fall war, unnötig macht. Im Hinblick hierauf hat es Interesse, auch die N-Bilanz der beiden Versuchspersonen zu betrachten.

Oehm.

Datum	Harn- menge in ccm	N im Harn g	N im Kot g	Summe g	Aufge- nommener N	Bilanz
28. II.	1840	13·92	3·18	17·10	23·26	+ 6·16
1. III.	2470	13·82	3·18	17·00	22·50	+ 5·50
2. III.	1665	15·48	3·18	19·06	23·21	+ 4·15
3. III.	1500	16·74	3·18	19·92	21·67	+ 1·75
4. III.	1275	16·83	3·18	20·01	21·36	+ 1·35
5. III.	1480	18·28	3·18	21·46	21·69	+ 0·23

Schönherr.

28. II.	1380	10·22	3·43	13·65	21·61	+ 7·96
1. III.	2880	11·41	3·43	14·84	17·78	+ 2·94
2. III.	1760	11·48	3·43	14·91	20·47	+ 5·56
3. III.	2040	11·17	3·43	14·60	16·40	+ 1·80
4. III.	2000	12·99	3·43	16·42	20·28	+ 3·86
5. III.	2530	13·60	3·43	17·03	21·71	+ 4·68

Person O. zeigt einen sehr erheblichen N-Ansatz und ist in 6 Tagen bei 21·7 g N-Umsatz fast im Gleichgewicht, ähnlich Sch., bei ihm ist aber nach 6 Tagen der N-Ansatz noch nicht zu Ende gekommen. Der Ansatz beträgt am letzten Versuchstage noch immer 4·68 g. Damit ist auch der Beweis erbracht, daß dieses in den Keimlingen eingeführte Eiweiß einen vollen Ersatz für anderweitiges Material bietet.

Druckfehlerberichtigung.

- Seite 175 Zeile 14 v. u. lies statt trockner, feuchter, und statt feuchter, trockner.
 „ 13 „ statt Vers. I, Vers. II und statt Vers. II, Vers. I.
 „ 9 „ statt nur, viel.
 „ 7 „ statt sondern auch — und keine.
 „ 6 „ statt diese, der.
 Seite 236 „ 4 v. o. statt Aufnahme — Ausgabe, ebenso Zeile 12 v. o.
 „ 253 „ 12 v. u. Ausfuhr statt Einfuhr.