

Aus dem Institut für Tierphysiologie der landw. Akademie Bonn-Poppelsdorf.)

## Über die Verdaulichkeit des „Globulin“ (Blutbrot) beim Hammel.

Von

Professor Dr. **Oscar Hagemann.**

Die Benutzung des in den Schlachthäusern gewonnenen und bisher nur geringgradig verwertbaren Blutes zu Zwecken der tierischen Ernährung ist vom theoretischen Standpunkte aus sehr aussichtsvoll, weil eine eiweissarme Nahrung hierdurch bequem eiweissreich gemacht werden kann; ferner sind die Bluteiweisskörper, als dem Tiere am nächsten bezüglich ihrer Zusammensetzung stehend, wahrscheinlich in höherem Grade assimilierbar wie die Eiweisskörper der Pflanzen, und endlich enthält das Blut in dem Hämoglobin grosse Mengen organisch gebundenen Eisens.

Herr Apotheker J. Block in Bonn liess frisches defibriniertes Rinder-, Kälber-, Hammel- und Schweineblut, wie es der Schlachthofbetrieb ergab, mit verschiedenen Mehllarten zu gewöhnlichem Brotteig mengen und in üblicher Weise zu Brot backen; das Blut vertrat hierbei die Stelle des Wassers zu  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  der gewöhnlichen Flüssigkeitsmenge. Die verschiedenen Blutpräparate von J. Block sind patentamtlich als „Globulin“ gekennzeichnet worden, und es werden auch noch andere Backwerke wie z. B. Zwieback angefertigt.

Um die Verdauungsquotienten dieses Blutbrotes zu bestimmen und um insbesondere den Eiweissansatz nach der Verfütterung dieses Brotes zu eruieren, wurde ein Ausnutzungsversuch mit dem noch nicht ganz ausgewachsenen Hammel angestellt, über welchen in dieser Zeitschr. Bd. 128 S. 238 berichtet worden ist. Dieser Hammel erschien deswegen als ein sehr geeignetes Objekt, weil er eine längere Zeit hindurch überhaupt zu wenig Nahrung erhalten und insbesondere auch Eiweiss vom Körper verloren hatte. Wie aus der zitierten Arbeit ersichtlich ist, war der Stickstoffansatz:

vom 26. Nov. bis	8. Dez.	= 13 Tage	à + 1,261	= + 16,393 g Stickst.
"	9. Dez. " 18. "	= 10 "	à + 1,471	= + 14,710 " "
"	19. " " 9. Jan.	= 22 "	à - 0,458	= - 10,076 " "
"	10. Jan. " 19. "	= 10 "	à - 0,914	= - 9,140 " "
"	20. " " 28. "	= 9 "	à - 0,794	= - 7,146 " "
"	29. " " 3. März	= 35 "	à - 0,089	= - 3,115 " "
In Summa		99 Tage	= + 1,626 g Stickst.	

Dieser Ansatz von 1,626 g Stickstoff aber ist absolut nicht imstande, den Bedarf für die Hautabschuppungen, die Wolle und die sonstigen Epidermisgebilde zu decken; es werden in 99 Tagen normalerweise 400 g reine Wolle mit ca. 58 g Stickstoff vom Schafe erzeugt.

Es musste also, sofern die Bluteiweisskörper im verbackenen Zustande auch nur so gut assimilierbar sind wie Pflanzeneiweiss, ein hoher Eiweissansatz resultieren.

Der Hammel erhielt sein Futter, bestehend aus 600 g desselben Heues, wie in der Periode 6 (dieses Archiv Bd. 128 S. 247) 200 g Blutbrot (fein geschrotet) und 1 g Kochsalz vom 4. März 1908 ab; mit der Sammlung und der Analyse vom Harn und Kot wurde am 17. März begonnen.

Die näheren Daten zeigen die Tabellen I (S. 589) und II (S. 590).

Die Verdaulichkeit des verfütterten Heues war bei diesem Hammel durch die bereits zitierte Versuchsreihe bestimmt worden; es lässt sich also die Verdaulichkeit des Blutbrotes aus den vorliegenden Daten berechnen, wie Tabelle III (S. 590) es zeigt.

Wie ersichtlich hat die starke Zulage an Kohlehydraten mit dem Blutbrote trotz des hohen Eiweissgehaltes desselben (N-haltige : N-freien = 1 : 4,6) eine Depression der Rohfaserverdauung bewirkt, so dass ein negativer Verdauungsquotient resultiert; die Verdauung der Kohlehydrate ist aber eine wesentlich höhere, als man sie sonst beim Hammel findet, und der Verdauungsquotient für den Stickstoff ist ein normaler.

Im weiteren Verfolge dieser Untersuchungen wurde in der Zeit vom 26. Mai bis 3. Juni 1908 ein weiterer Ausnutzungsversuch bei einem anderen Hammel unter Verfütterung von 300 g Blutbrot und ca. 700 g Heu angestellt. Das Tier bekam ein anderes Heu, dessen Verdauungsquotienten bei ihm selber nicht festgestellt waren; das

Tabelle I. Daten des Ausnützungsversuches mit dem Hammel „Max“ vom 17.—24. März 1908.

Datum 1908	Lebend- gewicht kg	Wasser- aufnahme kg	Harndaten				Kotdaten		Bemerkungen
			Harn + 200 ccm Spülwasser g	Spezif. Gewicht	Harn- volumen ccm	Stickstoff- gehalt des Harnes g	frisch g	luft- trocken g	
17. März	38,4	2,50	1200	1,014	1183	4,953	648,8	254,8	Letzter fortgetaner Kot am 16. März früh 8 h 5'. Letzter fortgetaner Harn am 16. März, früh 7 h 48'.
18. "	38,9	2,40	1050	1,016	1033	5,557	780,0	294,5	Anfänglich vom 4.—9. März frass das Tier das Blutbrot schlecht und liess Reste, danach aber nahm es bis zum Schlusse der Periode das Futter restlos auf.
19. "	—	2,60	920	1,019	903	5,473	788,3	290,3	
20. "	39,1	2,50	904	1,020	886	5,723	788,5	278,5	
21. "	39,3	2,45	1243	1,016	1224	7,311	879,3	317,3	
22. "	—	2,35	1208	1,016	1189	6,959	762,2	284,1	
23. "	—	1,40	739	1,031	717	6,286	747,2	285,2	
24. "	39,3	2,90	780	1,024	762	6,600	681,1	273,1	Letzter gesammelter Kot am 24. März, früh 8 h 15'. Letzter gesammelter Harn am 24. März, früh 7 h 50'.
Mittel	—	2,39	1005,5	1,0195	987,1	6,108	759,4	284,7	

Tabelle II. Stoffwechselbilanzdaten. Prozentische Zusammensetzung des Futters und des lufttrockenen Kotes.

	Trocken- substanz g	Mineral- substanz g	Organ. Substanz g	Äther- extrakt g	Rohfaser g	N-freie Extraktiv- stoffe g	Stickstoff g	Kohlen- stoff g	Energie- inhalt kg-Cal
Heu . . . . .	88,97	6,20	82,77	1,90	25,47	47,23	1,308	38,40	394,9
Blutbrot . . . . .	94,20	2,79	91,36	0,77	2,57	71,78	2,606	41,63	405,4
Lufttrockener Kot . .	94,07	8,84	85,23	2,02	30,12	41,10	1,919	44,38	436,1
Es wurden also aufgenommen mit:									
600 g Heu . . . . .	533,82	37,20	496,62	11,40	152,82	283,38	7,848	230,40	2369,4
200 g Blutbrot . . . .	188,40	5,58	182,72	1,54	5,14	143,56	5,212	83,26	810,8
In Summa	722,22	42,78	679,34	12,94	157,96	426,94	13,060	313,66	3180,2

Es wurden mit dem Kote ausgeschieden:

284,7 g lufttrockener Kot	267,82	25,17	242,65	5,75	85,75	117,01	5,463	126,35	1241,6
Verdaubabsol. in Gramm	434,40	17,61	436,69	7,19	72,21	309,93	7,598	187,31	1938,6
Verdaut in Prozenten .	62,9	41,2	64,3	55,6	45,7	72,6	58,2	59,7	60,9

Tabelle III. Verdaulichkeit des Blutbrotes.

Es waren verdaut aus:

600 g Heu + 200 g Blutbrot . . . . .	454,40	17,61	436,69	7,19	72,21	309,93	7,598	187,31	1938,6
600 g Heu . . . . .	297,24	13,17	284,07	6,67	76,03	174,99	4,152	121,16	1281,8
200 g Blutbrot . . . .	157,16	4,44	152,62	0,52	— 3,82	134,94	3,446	66,15	656,8
In Prozenten . . . . .	83,4	79,6	83,5	83,8	—	94,0	66,1	79,4	81,0

Blutbrot war dasselbe wie in der vorigen Periode; auch bekam der Hammel täglich 2 g Kochsalz auf das Futter gestreut; die geringen Reste wurden zurückgewogen, aber nicht besonders analysiert.

Endlich wurden während des Ausnützungsversuches, sowie bei der gleichen Fütterung einige Tage vorher und nachher, Respirationsversuche mit dem Zuntz-Geppert'schen Apparate unter Anwendung einer mit Ventilen versehenen Gummimaske angestellt, so dass der Sauerstoffverbrauch sowie die Kohlensäureproduktion bestimmt worden sind.

Das Nähere über diesen Versuch, soweit es die Verdauungsquotientenbestimmung angeht, zeigen die folgenden Tabellen IV (S. 592) und V (S. 593).

In Ermangelung einer direkten Verdaulichkeitsbestimmung dieses Heues bei dem Hammel „Moritz“ habe ich die Verdaulichkeit des Blutbrotes mit den beim Hammel „Max“, aus dem sehr ähnlich zusammengesetzten Heu I, gewonnenen Daten berechnet; natürlich ist diese Verdaulichkeitsberechnung nur eine angenähert richtige, sie dürfte aber im grossen und ganzen brauchbare Daten ergeben. Berechne ich die Verdaulichkeit mit den üblichen Normaldaten für die einzelnen Heubestandteile, dann erhalte ich ganz ähnliche Zahlen für die Verdaulichkeit der Hauptbestandteile des Blutbrotes; die stickstoffhaltige Substanz erzielt fast genau denselben Verdauungsquotienten; der für stickstofffreie Extraktivstoffe ist um 5,44 % seines Wertes geringer; die Verdauung der Rohfaser ist gleichfalls negativ und der für das Ätherextrakt ist, nach beiden Berechnungen ganz genau der gleiche, wie die zweite Abteilung der Tabelle VI (S. 593) zeigt.

Im Durchschnittsharne des Hammels fanden sich:

an Trockensubstanz	8,298 %	, das sind im Tagesharne	39,56 g,
„ Mineralsubstanz	2,277 %	„ „ „ „	10,85 „
„ Kohlenstoff . .	2,303 %	„ „ „ „	10,98 „
„ Wasserstoff . .	0,363 %	„ „ „ „	1,73 „
„ Stickstoff . .	1,643 %	„ „ „ „	7,83 „
„ Schwefel . . .	0,064 %	„ „ „ „	0,31 „
„ Sauerstoff . .	1,648 %	„ „ „ „	7,86 „

Da 14,58 g Mineralsubstanz aus dem Futter verdaut waren, zu welchen noch 2 g Kochsalz und 1,56 g Mineralsubstanz des Wassers kommen, und 10,85 g davon sich im Harne finden, so sind täglich  $18,14 - 10,85 = 7,29$  g Mineralsubstanz angesetzt worden;

Tabelle IV. Daten des Ausnützungsversuches mit dem Hammel „Moritz“ vom 26. Mai bis 3. Juni 1908.

Datum 1908	Lebend- gewicht kg	Nahrungsaufnahme			Harndaten				Kotdaten		Be- mer- kungen
		Blutbrot g	Heu g	Wasser g	frisch + Spül- wasser g	Spezif. Gewicht	Volumen ccm	Stickstoff- gehalt g	frisch g	luft- trocken g	
26. Mai	48,7	300	695	1350	427	1,044	409,01	8,142	914,3	328,3	
27. "	48,6	300	698	1250	570	1,044	545,97	9,591	1088,8	433,2	
28. "	49,0	300	696	1500	419	1,041	402,50	6,770	793,1	449,1	
29. "	49,0	300	697	1450	516	1,041	495,68	8,072	1182,0	279,5	
30. "	49,1	300	695	1900	430	1,042	412,67	7,443	907,2	360,7	
31. "	49,1	300	694	1400	414	1,040	398,08	7,562	806,5	320,0	
1. Juni	48,8	300	695	1000	614	1,040	590,39	8,579	1162,3	425,2	
2. "	48,9	300	698	1200	429	1,043	411,32	6,926	767,8	298,8	
3. "	48,9	300	697	1700	471	1,042	452,01	7,418	942,4	358,4	
Mittel	48,9	300	696,1	1420	476,7	1,042	457,5	7,833	851,6	361,4	

Tabelle V. Prozentische Zusammensetzung des Futters und des lufttrockenen Kotes der Periode vom 26. Mai bis 3. Juni 1908.

	Trocken- substanz g	Mineral- substanz g	Organ. Substanz g	Äther- extrakt g	Rohfaser g	N-freie Extrakt- stoffe g	Stickstoff g	Kohlen- stoff g	Energie- inhalt kg-Cal
Heu . . . . .	85,89	5,29	80,60	2,02	24,91	46,03	1,223	37,10	372,6
Blutbrot . . . . .	94,20	2,79	91,41	0,77	2,57	71,78	2,606	41,63	405,4
Lufttrockener Kot . . . . .	89,36	8,47	80,89	2,00	27,56	40,38	1,752	41,95	410,1
Es wurden aufgenommen mit:									
696,1 g Heu . . . . .	597,88	36,82	561,06	14,06	173,40	330,41	8,513	258,25	2593,7
300,0 g Blutbrot . . . . .	282,60	8,87	274,23	2,31	7,71	215,34	7,818	124,89	1216,2
In Summa	880,48	45,19	835,29	16,37	181,11	535,75	16,331	383,14	3809,9
Es wurden ausgeschieden mit:									
361,4 g luftt. Kot. . . . .	322,95	30,61	292,34	7,23	99,60	145,93	6,332	151,61	1482,0
Verdaut absol. in Gramm	557,53	14,58	542,95	9,14	81,51	389,82	9,999	232,53	2327,9
Verdaut in Prozenten . . . . .	63,3	32,2	65,0	55,9	45,0	72,8	61,2	60,7	61,1

Tabelle VI. Berechnung der Verdaulichkeit des Blutbrotes.

Es waren verdaut aus:

696,1 g Heu + 300 g Blutbrot . . . . .	557,53	14,58	542,95	9,14	81,51	389,82	9,999	232,53	2327,9
696,1 g Heu (Max) . . . . .	344,85	15,28	329,57	7,74	88,21	203,51	4,817	140,56	1487,1
300 g Blutbrot . . . . .	212,68	— 0,70	213,38	1,40	— 6,70	186,31	5,182	91,97	840,8
In Prozenten . . . . .	75,3	—	77,8	61,0	—	86,5	66,3	73,6	69,1

Nach Normaldaten berechnen sich verdaut:

Prozentische Zusammen- setzung des Heues . . . . .	—	—	—	2,02	24,91	46,03	1,223	—	—
Verdaulich zu . . . . .	—	—	—	55 %	50 %	66,7 %	56 %	—	—
aus 696,1 g Heu . . . . .	—	—	—	7,73	86,70	213,71	4,767	—	—
Verdaut an 696,1 g Heu + 300 g Blutbrot. . . . .	—	—	—	9,14	81,51	389,82	9,999	—	—
Berechnen sich verdaut aus 300 g Blutbrot . . . . .	—	—	—	1,41	— 5,19	176,11	5,232	—	—
In Prozenten . . . . .	—	—	—	61,0	—	81,8	67,0	—	—

verdaut waren 9,999 Stickstoff, im Harn fanden sich davon 7,833 g wieder, die Differenz von 2,166 muss in Form von 13,54 g Eiweiss angesetzt worden sein.

Die Respirationsversuche mit diesem Hammel und in dieser Versuchsperiode, über welche Herr Dr. Rostafinski eingehender in einer besonderen Arbeit berichten wird, wurden teils im mittleren Verdauungszustande, teils kurz vor der Futteraufnahme, teils unmittelbar nach derselben angestellt; sie ergeben im Mittel aller brauchbaren Versuche (abgesehen von dem Aufwande für die Fress- und Wiederkauarbeit wie von dem gesteigerten Umsatze durch die während der Futteraufnahme gesteigerte Verdauungstätigkeit) pro Kilogramm Tier und 1 Minute eine Kohlensäureausscheidung von 4,6085 ccm und einen Sauerstoffkonsum von 4,9985 ccm (reduziert auf 0° C. und 760 mm Hg); das macht für das im Mittel der Respirationsversuchstage 49,0 kg schwere Tier und den Tag 325,176 Liter Kohlensäureausscheidung und 352,694 Liter Sauerstoffaufnahme; der respiratorische Quotient ist 0,922. Die Kohlensäure wiegt 639,403 g und enthält 174,382 g Kohlenstoff. Für die Fressarbeit und den in dieser Zeit gesteigerten Stoffumsatz ist nach einer früheren Arbeit von mir (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1899 Suppl. S. 111 ff.) ein Betrag von 6,08 g Kohlenstoff und von 15,90 Liter Sauerstoff anzusetzen. Die Kohlensäure, welche durch Gärung entsteht und durch Rülpsen mit ausgeschieden wird, ist bei den Maskenversuchen mit ermittelt worden, dahingegen ist das Sumpfgas natürlich nicht analytisch bestimmt worden. In der zitierten Arbeit von mir hatte ich damals auf Grund der einschlägigen Untersuchungen von Henneberg und Pfeiffer ausgeführt, dass rund 7,3% des gesamten ausgeatmeten Kohlenstoffes auf Sumpfgaskohlenstoff beim Hammel zu beziehen sind.

Für die Wiederkauarbeit ist auch ein gewisser Betrag an CO<sub>2</sub>-Produktion und O<sub>2</sub>-Aufnahme einzusetzen; denn der Hammel konnte natürlich mit der Atmungsmaske nicht wiederkauen.

Nach meinen früheren Untersuchungen bedingt die Wiederkauarbeit eine Erhöhung des Durchschnittsrühewertes um 7% auf die Dauer von etwa 6 Stunden pro Tag; das macht 3,16 g Kohlenstoff und 6,45 Liter Sauerstoff aus.

Korrigieren wir hiermit zunächst den respiratorisch nachgewiesenen Kohlenstoff, so erhalten wir 174,382 + 6,08 (für Fressarbeit) + 3,16



(für Wiederkauarbeit) =  $183,62 \text{ g Kohlenstoff}$ ; dann sind  $\frac{183,62 \times 7,3}{(100 - 7,3)}$   
 = 14,46 g für Sumpfgaskohlenstoff in Ansatz zu bringen, und die  
 gesamte Kohlenstoffausscheidung stellt sich auf 198,08 g.

Aus der mittleren täglichen Stickstoffausscheidung im Harne von  
 7,833 g berechnet sich eine täglich zersetzte Eiweissmenge von 48,96 g.  
 Unter Zugrundelegung der Eiweisszusammensetzung nach Stohmann  
 (52,64 % C, 7,08 % H, 16 % N, 23,12 % O, 1,03 % S) stellte dieses  
 Eiweiss zur Zusammensetzung:

	25,77 g C,	3,47 g H,	7,83 g N,	11,32 g O,	0,50 g S
Im Harne:	10,98 „ „	1,73 „ „	7,83 „ „	7,86 „ „	0,31 „ „
	14,79 g C,	1,74 g H,		3,46 g O,	0,19 g S <sup>1)</sup>

3,46 g Sauerstoff verbrennen zunächst 0,31 g S zu 0,78 g SO<sub>3</sub>  
 und 0,37 g H zu 3,37 g Wasser. Für die Verbrennung der restierenden  
 1,37 g Wasserstoff sind 10,96 g und für die Verbrennung der 14,79 g  
 Kohlenstoffs sind 39,44 g Sauerstoff erforderlich; es entstehen dann

1) Bezüglich des Schwefels liegt eine Unstimmigkeit zwischen der theoretisch  
 eingesetzten und der durch die Harnanalyse nachgewiesenen Schwefelmenge vor.  
 Zunächst ist zu bedenken, dass ein Teil des Schwefels mit dem Kote ausgeschieden  
 wird; dieser wird auch durch Sauerstoff zu SO<sub>3</sub> oder SO<sub>2</sub> (Taurin) oxydiert. Die  
 Berechnung ändert sich also etwas, wenn wir den Sauerstoff für 0,50 g S zur  
 Verbrennung zu SO<sub>3</sub> in Betracht ziehen; dies wäre der eine Grenzfall. Der  
 andere Grenzfall aber wäre der, anzunehmen, dass das im Körper zersetzte  
 Eiweiss nur 0,31 g Schwefel enthalten hätte, dann hätte dasselbe mehr Sauerstoff  
 enthalten. Die genaue Durchrechnung ergibt aber nur ganz geringfügige Än-  
 derungen der Endzahlen; nämlich für den ersten Fall sind zur Erzeugung  
 von 54,23 g Kohlensäure 15,65 g Wasser und 1,25 g SO<sub>3</sub> 50,64 g Sauerstoff  
 einzuatmen; der resp. Quotient ist dann  $\frac{39,44}{50,64} = 0,7788$ , und 1 Liter ein-  
 geatmeten zur Eiweisszersetzung gebrauchten Sauerstoffes entspricht dann 4,744 Cal.  
 Für den anderen Grenzfall wäre die Zusammensetzung des Eiweisses anzunehmen.

52,64 % C, 7,08 % H, 16 % N, 23,51 % O, 0,64 % S; dieses stellt zur Zer-  
 setzung 25,77 g C, 3,47 g H, 7,83 g N, 11,51 g O, 0,31 g S.

Im Harne	10,98 „ „	1,73 „ „	7,83 „ „	7,86 „ „	0,31 „ S.
Bleiben	14,79 g C,	1,74 g H,	—	3,65 g O	—

3,65 g O verbrennen 0,31 g S und 0,40 g H. Die restierenden 1,34 g H  
 erfordern 10,72 g O. Der resp. Quotient stellt sich dann  $\frac{39,44}{50,16} = 0,7863$ ; 1 Liter  
 eingeatmeten für Eiweisszersetzung in Anspruch genommenen Sauerstoffes ent-  
 spricht dann 4,789 Cal. Die Differenz zwischen diesen beiden Grenzwerten, in  
 deren Mitte die umstehend berechnete Zahl 4,767 Cal. steht, beträgt also 0,045 Cal.  
 = 0,94 % des oben berechneten mittleren Wertes.

12,33 g Wasser und 54,23 g Kohlensäure. Der respiratorische Quotient ist dann, da zur Erzeugung von 54,23 g Kohlensäure unter diesen Verhältnissen  $10,96 + 39,44 = 50,40$  g Sauerstoff einzuatmen sind, wovon 39,44 g auf die Kohlensäurebildung entfallen, gleich  $\frac{39,44}{50,40} = 0,7825$ . Die Energiebestimmung ergab für 1 g Harn im Mittel 0,2341 Cal. Der Tagesharn enthielt also 111,6 Cal.

Die 48,96 g Eiweiss, welche zersetzt wurden, enthielten  $48,96 \times 5,711$  (nach Stohmann) = 279,6 Cal. Ziehen wir die 111,6 im Harne nachgewiesenen Cal. davon ab, so verbleiben für den Kraftwechsel des Tieres aus zersetztem Eiweiss 168,0 Cal. Das im Körper zersetzte Eiweiss lieferte also auf 1 im Harne erschienenen g Stickstoff eine Energiemenge von 21,45 Cal. Die oben berechneten zur Eiweisszersetzung eingeatmeten 50,40 g Sauerstoff sind gleich 35,24 Liter Sauerstoff (0° C. 760 mm Hg). Es entspricht also 1 Liter zwecks Eiweisszersetzung eingeatmeten Sauerstoffes eine Wärme-  
produktion von  $\frac{168,0}{35,24} = 4,767$  Cal.

Wie die Verdauungsbilanz Tabelle V (S. 593) ausweist, wurden täglich

9,999 g Stickst., 245,45 g Kohlenst. u. 2327,9 Cal. verdaut,

7,83 „ „ 10,98 „ „ „ 111,6 Cal. fanden sich im Harne

2,17 g Stickst., 234,47 g Kohlenst. u. 2216,3 Cal. standen dem Tiere zur Verfügung.

2,17 g Stickstoff sind, als in Form von 13,56 g Eiweiss angesetzt, zu verrechnen; damit sind aber gleichzeitig 7,14 g Kohlenstoff und 77,4 Cal. zum Ansatz gebracht worden, so dass dem Tiere nur noch 227,33 g Kohlenstoff und 2138,9 Cal. zur Verfügung standen.

Subtrahieren wir von den 227,33 g Kohlenstoff die oben berechneten 198,08 g, so bleiben noch, abgesehen von dem mit den Darmgasen abgegebenen Kohlenstoff, 29,25 g Kohlenstoff übrig, welche als Fett angesetzt 38,23 g Fett ergeben.

Stellen wir nun unter Berücksichtigung des durch die Respirationsversuche direkt nachgewiesenen Sauerstoffverbrauches von 352, 694 + 15,90 (für Fressarbeit) + 6,45 (für Wiederkäuarbeit) = 375,04 Liter Sauerstoff die Energiebilanz auf, dann kommen wir zu folgenden Resultaten.

Es sind durch direkte kalorimetrische Analyse nach Abzug des Energieinhaltes im Harne und angesetzten Eiweisse 2138,9 Cal. als verfügbar nachgewiesen; hiervon ist die Energiemenge, welche 19,28 g

Sumpfgas und 0,832 g Gärungswasserstoff<sup>1)</sup> entspricht, abzuziehen; das macht 286,1 Cal., so dass für die Wärmeproduktion resp. für den Fettansatz 1852,8 Cal. verbleiben. Da der Hammel  $\frac{375,04 \text{ Liter Sauerstoff}}{375,04} = 4,9403 \text{ Cal.}$  verbrauchte, so entfallen auf 1 Liter Sauerstoff  $\frac{1852,8}{375,04} =$

Wie oben berechnet, liefert 1 Liter zur Eiweissoxydation verbrauchten Sauerstoffes 4,767 Cal.; der zur Oxydation von Kohlehydraten und Rohfaser verbrauchte Sauerstoff liefert pro Liter 5,080 Cal.<sup>2)</sup> und der für Fettverbrennung verwandte Sauerstoff liefert 4,686 Cal. pro Liter.

Nach der Verdauungsbilanz Tab. V (S. 593) verdaute der Hammel 9,999 g Stickstoff entsprechend 62,49 g Eiweiss, davon gehen 13,56 g angesetztes Eiweiss ab; es bleiben 48,93 g Eiweiss zur Zersetzung, ferner 9,14 g Fett und 471,33 g Kohlehydrate und Rohfaser.

Angenommen, es seien diese Materien sämtlich verbrannt, dann stellte sich der kalorische Wert eines Liter Sauerstoffs wie folgt: Es brauchten

48,93 g Eiweiss	35,22 Liter O <sub>2</sub> und erzeugten	167,9 Cal.
9,14 „ Fett	18,45 „ „ „ „	86,5 „
471,33 „ Kohlehydrate und Rohfaser	323,35 „ „ „ „	1642,7 „
Summa:	377,02 Liter O <sub>2</sub> und erzeugten	1897,1 Cal.

1) Der Gärungswasserstoff ist für den Hammel meines Wissens noch nicht bestimmt worden; ich habe dieses hier verwandte Datum aus den Pferdeversuchen von Zuntz und mir berechnet. Cf. Landw. Jahrb. Bd. 23 S. 125 ff. 1894.

2) Stärke und auch Rohfaser liefern nach Tappeiner bei der Vergärung auf 100 g: 33,5 g CO<sub>2</sub> nebst 44,37 Cal. Gärungswärme, 4,7 g CH<sub>4</sub> mit 62,72 Cal., ferner je 33,6 g C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> mit 117,77 C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> mit 189,74 Cal.

162 g Stärke enthalten	72,00 g C,	10,00 g H,	80 g O nebst	677,565 Cal.
7,61 g CH <sub>4</sub> „	5,71 „ „	1,90 „ „	— „	101,548 „
Es bleiben	66,29 g C,	8,10 g H,	80 g O nebst	576,017 Cal.
0,33 g H enthalten	—	0,33 „ „	— „	11,418 „
Es bleiben	66,29 g C,	7,77 g H,	80 g O nebst	564,599 Cal.
Es sind einzuatmen	158,93 g O = 176,77 g O + 62,16 g O — 80 „ „;			
Es entstehen	243,06 g CO <sub>2</sub> + 69,93 g H <sub>2</sub> O.			
158,93 g O <sub>2</sub> sind 111,137 Liter; der resp. Quotient ist, da 243,06 g CO <sub>2</sub> =				
123,611 Liter sind, gleich	$\frac{123,611}{111,137} = 1,112.$			

Ein Liter Sauerstoff gibt also  $\frac{564,599}{111,137} = 5,0802 \text{ Cal.}$

Ein Liter verbrauchten Sauerstoffes entspricht dann  $\frac{1897,1}{377,02}$   
 $\approx 5,0318$  Cal. Die Differenz zwischen dem hier berechneten und dem nachgewiesenen Sauerstoffverbrauche von rund 2 Litern entspricht also 10,06 Cal., welche gerade 1 g Fettansatz ausmachen.

Nehmen wir das Mittel des Fettansatzes aus der Kohlenstoffbilanz und aus der kalorimetrischen Analyse als die richtige Zahl an, dann wäre das Ergebnis dieses Versuches, dass der Hammel bei der Verfütterung von 300 g Blutbrot und 696 g Heu täglich 13,6 g Eiweiss und 19,6 g Fett ansetzte.

Die Frage ist nun die, ob das Blutbrot leichter verdaulich, mit weniger Verdauungsarbeit belastet ist, wie andere stärkemehlreiche Futtermischungen. Um dieser Frage näher zu treten, führe ich eine Reihe von Versuchsergebnissen bei diesem selben Hammel aus meinem Institute auf, welche teilweise allerdings noch nicht publiziert sind.

Lebendgewicht kg	Verdaute organ. Substanz g	Verfütterte Rohfaser g	Verdaute Kohlehydrate g	Verdaute Nährstoffmenge g	Täglicher Sauerstoffkonsum Liter
50,3	498,5	181,3	291,9	557,3	360,0
44,0	623,1	195,3	412,2	618,2	389,2
45,3	717,0	214,5	527,8	735,6	421,3
47,8	678,3	182,5	513,8	698,7	388,8
50,0	698,7	199,8	507,4	714,0	385,1
50,7	634,8	186,2	447,6	646,1	366,4

Um diese Sauerstoffwerte miteinander und mit dem vorliegenden Blutbrotversuche vergleichbar zu machen, müssen sie auf den nüchtern gedachten Hammel und auf 1 kg Lebendgewicht reduziert werden.

Der ersten Aufgabe will ich in der Weise genügen, dass ich die Verdauungsarbeit bei den einzelnen Versuchsperioden, in Sauerstoffverbrauch ausgedrückt, von dem Gesamtsauerstoffverbrauch abziehe. Um die Kau- und Verdauungsarbeit zu berechnen, nehme ich die Daten von Zuntz und mir, welche wir für die Verdauungsarbeit des Pferdes gefunden haben (Landw. Jahrb., 1898, Erg.-Bd. III zum 27. Bd. S. 271 u. ff. sowie S. 424), nämlich 2,65 Cal. für jedes Gramm verfütterter Rohfaser und 9 % des verdauten Nährstoffes (1 g Nährstoff gleich 3,96 Cal.).

Für die erste der oben aufgeführten Versuchsreihen erhalte ich dann:  $181,3 \times 2,65 + \frac{557,3 \times 9 \times 3,96}{100} = 679,1$  Cal. Um die Calorien

im Sauerstoffverbrauch auszudrücken, müsste ich eigentlich die oben S. 598 aufgeführte Rechnung für jeden Versuch besonders ausführen; die Einzelwerte schwanken aber so wenig, dass ich ruhig im Durchschnitt 5 Cal. auf 1 Liter Sauerstoff rechnen darf, und das ergibt für den ersten Versuch 135,8 Liter Sauerstoff, so dass der nüchtern gedachte Hammel  $360,0 - 135,8 = 224,2$  Liter Sauerstoffverbrauch gehabt hatte und auf 1 kg Körpergewicht reduziert 4,457 Liter.

Die folgende Tabelle ergibt alle sieben Versuche in dieser Weise berechnet:

Lebendgewicht kg	Täglicher Sauerstoffverbrauch in Litern			
	total	für Kau- u. Ver- daunungsarbeit	nüchtern gedacht	auf 1 kg Tier reduziert
50,3	360,0	135,8	224,2	4,457
44,0	389,2	147,6	241,6	5,490
45,3	421,3	166,1	255,2	5,634
47,8	388,8	146,5	242,3	5,070
50,0	385,1	156,8	228,3	4,566
50,7	366,4	144,7	221,7	4,373
Mittel	—	—	—	4,932

Die über dem Durchschnitte stehenden Werte entsprechen einem Futter mit grösserer Verdauungsarbeit und die unter demselben stehenden einem solchen mit niedrigerer Verdauungsarbeit. Die gleiche Berechnung für den vorliegenden Blutbrotversuch ergibt:

49 kg Lebendgewicht 377 Liter totaler Sauerstoffkonsum, 135,6 Liter Sauerstoffkonsum für Kau- und Verdauungsarbeit, 241,4 Liter Sauerstoffkonsum für das nüchtern gedachte Tier und 4,927 Liter Sauerstoffkonsum pro 1 kg Tier.

Hieraus geht hervor, dass die Verdauungsarbeit für das Blutbrot mindestens nur eine mittelgrosse, eher noch eine etwas geringere ist.

Das Blutbrot muss also als ein gutes Nahrungsmittel bezeichnet werden.