(Aus der kgl. ung. thierphysiol. Versuchsstation in Budapest.)

Zur Kenntniss des P-, Ca- und Mg-Umsatzes bei Pflanzenfressern.

Von

Prof. Dr. med. **F. Tangl.**

Gelegentlich der Fütterungsversuche, die mit Rieselwiesenheu an Pferden ausgeführt wurden, ergab die Aschenanalyse, dass das Heu ausserordentlich arm an Kalk war. Dies veranlasste mich, in zwei Versuchsreihen den Ca-Umsatz und zugleich den P- und Mg-Umsatz bei zwei Pferden (Nr. III und IV, gesunde kräftige 10- resp. 14-jährige Wallachen) zu bestimmen, um so mehr, als meines Wissens bisher nur sehr wenige Untersuchungen über den anorganischen Stoffwechsel bei Pferden, überhaupt bei Pflanzenfressern, vorliegen und man über das Minimum, welches erwachsene Thiere an den erwähnten Elementen benöthigen, noch gar nichts weiss. So weit ich aus der mir zugänglichen Literatur ersehe, hat sich mit dem anorganischen Stoffwechsel des erwachsenen Pferdes nur E. Wolff¹⁾ beschäftigt. Er hat bei einem Pferde zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedener Fütterung den gesammten anorganischen Stoffwechsel bestimmt. Wenn auch gegen die Exactheit der Wolff'schen Versuche kein Einwand erhoben werden kann, so muss doch erwähnt werden, dass sie bezüglich des P-Stoffwechsels insofern mangelhaft sind, als mit Ausnahme einer einzigen Versuchsperiode der P-Gehalt des Harnes nicht bestimmt wurde, wohl in der Voraussetzung, dass dieser wegen seiner geringen Grösse vernachlässigt werden kann.

Leider erlaubten es äussere Umstände nicht, dass ich meine Untersuchungen auf den gesammten anorganischen Stoffwechsel ausdehne; ich beschränkte mich also auf die Bestimmung des P-, Ca-

1) E. Wolff, Grundlage für die rationelle Fütterung des Pferdes S. 53. Berlin 1886 und Grundlage für die rationelle Fütterung des Pferdes. Neue Beiträge S. 36. Berlin 1887.

und Mg-Stoffwechsels. Bezüglich des P-Stoffwechsels ergänzen meine Versuche gewissermaassen diejenigen von Wolff, da ich auch den P-Gehalt des Harnes stets bestimmt habe.

Die Versuchsreihen, bei welchen diese Untersuchungen ausgeführt wurden, dienten, wie bereits erwähnt, dazu, die Bekömmlichkeit und Verdaulichkeit des Rieselwiesenheues zu bestimmen. Die Versuchsanordnung, die übrigens an anderer Stelle — (Die landwirthschaftl. Versuchsstationen Bd. 56), — wo diese Ausnützungsversuche publicirt werden, ausführlich besprochen ist, war in der üblichen Weise derart getroffen, dass sowohl die Einnahmen als die in Betracht kommenden Ausgaben genau gesammelt und analysirt werden konnten. Es genügt also, wenn ich hier diesbezüglich sowie bezüglich der übrigen Einzelheiten des Versuches und der analytischen Daten auf jene Mittheilung verweise und hier nur dasjenige anführe, was zum P-, Ca- und Mg-Stoffwechsel in Beziehung steht resp. zur Beurtheilung der diesbezüglichen Resultate nothwendig ist.

Was zunächst die angewendeten analytischen Methoden betrifft, so wurden bei den Ca-, Mg- und P-Bestimmungen im Grossen und Ganzen die allgemein bekannten und verlässlichsten Methoden verwendet. Die Ca-Bestimmungen wurden in der Weise ausgeführt, dass das beim Veraschen durch die SiO_2 eventuell gebundene Ca nicht verloren gehe. Die aus 5—8 g Substanz — Futter oder lufttrockener Koth — gewonnene Rohasche wurde mit der doppelten Menge vorher ausgeglühten chemisch reinen, Na_2CO_3 gut vermengt und dann vorsichtig geschmolzen. Die abgekühlte Masse wurde in verdünnter HCl gelöst, eingedampft, dann $\frac{1}{2}$ Stunde bei 110°C . im Trockenschrank getrocknet. Mit Ausnahme der frei und unlöslich gemachten SiO_2 löst sich dann alles in verdünnter HCl. Aus der filtrirten Lösung, die nunmehr sämmtliches Ca enthielt, wurde nach erfolgter Neutralisation mit NH_3 das Ca in der üblichen Weise mit Ammoniumoxalat gefällt, gegläht und als CaO gewogen. Aus der vom $\text{Ca}(\text{COO})_2$ -Niederschlag abfiltrirten, mit NH_3 versetzten Lösung wurde das Mg mit Na_2HPO_4 gefällt und als $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ gewogen. Aehnlich verfahren wir bei der Bestimmung des Ca und Mg im Harne, von dem 50 ccm zu je einer Analyse genommen wurden.

Zur P-Bestimmung wurden statt der Veraschung 5—8 g lufttrockenen Koths resp. Futters, 40 ccm concentrirter H_2SO_4 in Kjeldahl-Kolben ganz so wie bei der N-Bestimmung aufgeschlossen. Nach vollendeter Oxydation wurde der Kolbeninhalt mit Wasser ver-

dünnt, und die ausgeschiedene SiO_2 durch Filtriren entfernt und im Filtrat die Phosphorsäure mittelst der Molybdänmethode bestimmt. Der Harn (500 ccm) wurde statt des Veraschens mit HNO_3 gekocht und dann die Phosphorsäure mit Ammoniummolybdat gefällt.

Da die Thiere ausser dem Futter auch mit dem Tränkwasser Ca und Mg aufgenommen haben, so wurden auch im Wasser (1000 ccm) Ca und Mg bestimmt.

Sämmtliche Analysen wurden doppelt ausgeführt, die mitgetheilten Werthe sind Mittelwerthe von wenigstens zwei gut übereinstimmenden Analysen. Wie aus den weiter unten angeführten Tabellen ersichtlich, habe ich die Resultate der Analysen nicht in der noch immer üblichen Form als CaO resp. MgO und P_2O_5 ausgedrückt, welche „ultra-conservativen“ Formen — wie Ostwald sie nennt — dem heutigen Stande der wissenschaftlichen Chemie nicht mehr entsprechen. Als die einfachste und beste Art, die Ergebnisse der Analyse darzustellen, bezeichnet Ostwald „die Aufführung der einzelnen Elemente mit den Mengen, in denen sie vorhanden sind“¹⁾. Den Vorschlag Ostwald's befolgend führte ich die Rechnung auf die Elemente selbst, bezeichne also deren Menge als Ca resp. Mg und P. Es wäre sehr wünschenswerth, dass in allen rein wissenschaftlichen Arbeiten diese einfachste und rationelle Form Anwendung fände.

Ausser den angeführten Stoffen wurde in den Einnahmen und Ausgaben auch der N (nach Kjeldahl) bestimmt, also auch der N-Stoffwechsel ermittelt.

Im Ganzen wurde der N-, P-, Ca- und Mg-Umsatz in zwei Versuchsreihen bei zwei Pferden Nr. III und IV bestimmt. In der 1. Versuchsreihe, die acht Tage, vom 2. März bis 9. März währte, erhielten die Thiere als Futter 8 kg Heu; in der 2. Versuchsreihe, die vom 15.—20. April, also sechs Tage dauerte, war das Futter 4 kg Hafer und 5 kg Heu. Im täglichen Harn wurde nur der N bestimmt; zur P-, Ca- und Mg-Bestimmung wurde fast immer der Harn von je zwei Tagen vermischt. Vom täglichen Kothe wurde je 1 % genau abgewogen, bei 60° getrocknet, zwei bis drei Tage im Zimmer stehen gelassen, gewogen, und dann vermischt und fein gemahlen, und dieses lufttrockene Pulver analysirt.

1) Ostwald, Die wissenschaftlichen Grundlagen der analyt. Chemie, 2. Aufl., S. 197. 1897.

Versuchsreihe 1.

Futter: 8 kg Heu. Das Heu enthielt.

N	1,366 %	Ca	0,440 %
P	0,146 %	Mg	0,137 %.

Das Tränkwasser enthielt 0,0049 % Ca und 0,0013 g Mg.

	Pferd III	Pferd IV
Körpergewicht am Anfange des Versuchs	408 kg	445 kg
„ „ Ende „ „	404 „	440 „
Durchschnittliches Körpergewicht ¹⁾	406 „	442 „
Tränkwasser pro Tag (durchschnittlich)	19,6 „	26,5 „

Menge und Gehalt des Harns und Koths an N, P, Ca und Mg zeigt Tabelle 1 auf S. 231.

Versuchsreihe 2.

Futter: 4 kg Heu + 5 kg Hafer.

	Der Hafer	Das Heu enthielt:
N	2,272 %	1,844 %
P	0,406 %	0,165 %
Ca	0,143 %	0,410 %
Mg	0,104 %	0,209 %

Im Tränkwasser waren 0,0049 % Ca und 0,0013 % Mg.

	Pferd III	Pferd IV
Körpergewicht am Anfange des Versuchs	403,8 kg	432,5 kg
„ „ Ende „ „	406,5 „	436,8 „
Durchschnittliches Körpergewicht	405 „	435 „
Tränkwasser pro Tag (durchschnittlich)	17,3 „	22,0 „

Menge und Gehalt des Harns und Koths an N, P, Ca und Mg zeigt Tabelle 2 auf S. 231.

In der Versuchsreihe 1 war, wie aus den angeführten Daten ersichtlich, das Futter nicht ausreichend, das Körpergewicht der Pferde nahm durchschnittlich täglich um 0,50 resp. 0,63 kg ab, während in der Versuchsreihe 2, in welcher neben dem Heu auch Hafer verabreicht wurde, das Körpergewicht täglich um 0,45 bzw. 0,72 kg zunahm. In letzterer Versuchsreihe nahmen die Thiere auch eine viel grössere Menge verdaulicher Nährstoffe auf, wie es aus der auf S. 232 folgenden Tabelle hervorgeht.

1) Mittel aus den täglichen Wägungen.

Tabelle 1. Versuchsreihe 1.

Datum	Harn						Koth									
	Menge kg		N		P	Ca	Mg		Menge kg	N		P	Ca	Mg		
	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g
Pferd III.																
2. März	4,51	13,37	60,29	0,033	0,150	2,42	10,90	0,66	2,98	114,98	0,353	405,6	0,0823	94,64	0,148	170,51
3. und 4. März	9,99	14,77	147,51	0,008	0,084	2,97	29,64	0,69	6,90							
5. " 6. "	11,17	13,08	146,10	0,008	0,091	2,71	30,27	0,66	7,41							
7. " 8. "	9,94	13,98	138,98	0,011	0,108	3,16	31,44	0,64	6,40							
9. März	4,86	14,46	70,30	0,011	0,053	2,63	12,80	0,62	3,02							
Mittel pro Tag	5,06	13,93	70,39	0,014	0,061	2,78	14,38	0,65	3,34	14,67	0,353	50,7	0,0823	11,83	0,148	21,31
Pferd IV.																
2. März	12,52	6,15	76,93	0,010	0,126	1,03	12,95	0,27	3,34	104,04	0,406	423,3	0,091	94,77	0,168	174,7
3. und 4. März	22,29	6,24	139,01	0,009	0,200	1,21	26,97	0,32	7,13							
5. " 6. "	23,74	5,93	134,36	0,020	0,462	1,18	27,92	0,29	6,77							
7. " 8. "	22,84	5,62	128,29	0,006	0,141	1,41	32,08	0,30	6,88							
9. März	10,32	6,43	66,32	0,010	0,100	1,25	12,94	0,35	3,56							
Mittel pro Tag	10,22	6,07	68,11	0,011	0,129	1,22	14,11	0,31	3,46	13,00	0,406	52,91	0,091	11,85	0,168	21,84
															0,059	7,85

Tabelle 2. Versuchsreihe 2.

Pferd III.																		
15. und 16. April	11,34	19,56	221,8	0,15	1,68	—	—	0,64	7,27	84,7	0,34	289,8	0,164	138,4	0,122	103,4	0,075	66,52
	17. " 18. "	13,21	15,04	198,7	0,11	1,43	1,26	16,64	0,48									
19. " 20. "	11,79	16,33	192,6	0,14	1,64	1,34	15,77	0,59	7,01									
Mittel pro Tag	6,06	16,27	102,2	0,13	0,792	1,30	8,10	0,57	3,44	14,12	0,34	48,3	0,164	23,07	0,122	17,23	0,075	11,09

Pferd IV.																		
15. und 16. April	19,05	8,33	158,6	0,020	0,388	0,85	16,22	0,38	7,24	76,75	0,417	320,7	0,183	141,1	0,145	111,9	0,083	64,22
	17. " 18. "	22,31	8,70	194,1	0,045	0,999	0,60	13,31	0,30									
19. " 20. "	22,44	8,52	191,2	0,064	1,403	0,74	16,63	0,34	7,65									
Mittel pro Tag	10,64	8,52	90,65	0,043	0,465	0,73	7,69	0,34	3,59	12,79	0,417	53,45	0,183	23,5	0,145	18,66	0,083	10,70

Nummer des Pferdes		Organ. Sub- stanz	Roh- protein (N>6,25)	Fett (Aether- extract)	Roh- faser	N-freie Extract stoffe
		g	g	g	g	g
Versuchsreihe 1.						
III.	Mit dem Futter wurden täg- lich aufgenommen . . .	6084	683	153	2482	2766
	Mit dem Kothe entleert .	3133	317	137	1147	1533
	Also resorbiert	2951 = 48,5%	366 = 53,6%	16 = 10,8%	1335 = 53,8%	1233 = 44,6%
IV.	Mit dem Futter wurden täg- lich aufgenommen . . .	6084	683	153	2482	2766
	Mit dem Kothe entleert .	2896	331	130	1138	1297
	Also resorbiert	3188 = 52,4%	352 = 51,6%	23 = 15,4%	1344 = 54,2%	1469 = 53,2%

Versuchsreihe 2.

III.	Mit dem Futter wurden täg- lich aufgenommen . . .	7417	1144	351	1771	4151
	Mit dem Kothe entleert .	3355	302	158	1264	1631
	Also resorbiert	4062 = 54,8%	842 = 73,6%	193 = 55,2%	507 = 28,6%	2520 = 63,6%
IV.	Mit dem Futter wurden täg- lich aufgenommen . . .	7417	1144	351	1771	4151
	Mit dem Kothe entleert .	3200	342	142	1156	1560
	Also resorbiert	4217 = 56,9%	802 = 70,1%	209 = 59,4%	615 = 34,7%	2591 = 62,4%

Dass das Futter in der 1. Versuchsreihe thatsächlich ungenügend war, bewies nicht nur die Abnahme des Körpergewichtes, sondern, wie später dargethan werden wird, auch der N-Stoffwechsel; aus letzterem ging auch hervor, dass in der 2. Versuchsreihe ein Fleischansatz stattgefunden hat.

Versuchsreihe 1 bot also die Gelegenheit, den P-, Ca- und Mg-Stoffwechsel bei ungenügender, die zweite bei zur Production von Körpersubstanz ausreichendem Futter zu untersuchen.

Was den Gehalt des Futters an P, Ca und Mg betrifft, so fällt vor Allem die grosse Kalkarmuth des Heues und dessen sehr hoher P-Gehalt auf, während der Mg-Gehalt nichts Auffälliges aufweist. Der Hafer enthält relativ viel Ca und auffallend viel P. Um meine Daten augenscheinlicher mit den Daten E. Wolff's vergleichen zu können, habe ich sie auf P_2O_5 , CaO und MgO umgerechnet und in der folgenden Zusammensetzung neben die von E. Wolff berechneten Mittelwerthe gestellt:

100 g Trockensubstanz enthalten			
	CaO	MgO	P ₂ O ₅
	g	g	g
Heu der Versuchsreihe 1	0,794	0,273	0,804
Heu der Versuchsreihe 2	0,654	0,394	0,860
Nach E. Wolff ¹⁾ . Wiesenheu:			
Heu von Wasserwiesen	1,113	0,481	0,496
Ungesundes Heu ²⁾	0,629	0,312	0,263
(Maxim.)	1,30		0,525)
Hafer unserer Versuche	0,232	0,251	2,15
Hafer, Mittel nach E. Wolff . .	0,112	0,223	0,80
(Maxim.)	0,361		1,509)

Morgen³⁾ fand in zwei Proben von Wiesenheu, bei dessen Verfütterung Knochenbrüchigkeit auftrat, in 100 g Trockensubstanz 0,44 resp. 0,79 g CaO und 0,24 resp. 0,31 g P₂O₅.

Es ist also zweifellos, dass das Heu in meinen Versuchen sehr kalkarm war, und zwar so kalkarm wie das ungesunde Heu aus Gegenden, in welchen Knochenbrüchigkeit beim Rinde häufig ist. Dagegen enthielt es aber sehr viel P, mehr als nach Wolff durchschnittlich gutes Wiesenheu. Auch der Hafer enthielt bedeutend mehr P. Wenn auch dieser Unterschied theilweise in der Verschiedenheit der angewandten analytischen Methode seine Erklärung finden könnte, so ist er doch zu bedeutend, um nur ausschliesslich darauf zurückgeführt werden zu können.

Da der Hafer weniger Ca enthält als das Heu und bedeutend mehr P, so verzehrten die Pferde in der 1. Versuchsreihe bedeutend mehr Ca und weniger P als in der 2. Versuchsreihe; beim Mg war der Unterschied nur ein geringer. Es wurden nämlich verzehrt in der

Versuchsreihe 1			
	P	Ca	Mg
	g	g	g
von Pferd III	11,74	36,38 ⁴⁾	11,23 ⁴⁾
von Pferd IV	11,74	36,72	11,33
Versuchsreihe 2			
von Pferd III	24,50	27,23 ⁴⁾	14,86 ⁴⁾
von Pferd IV	24,50	27,44	14,92

1) E. Wolff, Aschenanalysen landw. u. forstw. Prod. II. Theil S. 141.

2) Aus Gegenden, wo die Knochenbrüchigkeit der Thiere häufig vorkommt.

3) Morgen, Die landwirthsch. Versuchsstationen Bd. 23 S. 442.

4) Da ist das mit dem Tränkwasser aufgenommene Ca und Mg schon eingerechnet; das bedingt den kleinen Unterschied in der Ca- und Mg-Aufnahme der zwei Pferde.

Was die Ausnützung dieser Stoffe betrifft, so darf nicht vergessen werden, dass, wie zuerst Voit nachgewiesen hat, die Darm-schleimhaut ebenso wie die Nieren Ca- und Mg-Phosphat aus dem Blute ausscheidet¹⁾, ja, dass der Darm, wie Noorden²⁾ sagt, die eigentliche Secretionsstätte für den Kalk ist. Der Ca-, Mg- und P-Gehalt des Koths ist also kein Maass für die Verdaulichkeit dieser Stoffe.

In der Versuchsreihe haben die Thiere mit dem Koth ebenso viel P entleert, als sie mit dem Futter aufgenommen haben. Der minimale P-Ueberschuss im Koth liegt weit innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler. In der 2. Versuchsreihe wurde mit dem Koth etwas weniger P entleert als mit dem Futter aufgenommen. Den Verlust an P, Ca und Mg durch den Koth in Procenten der im Futter resp. Futter und Tränkwasser aufgenommenen Menge dieses Stoffes zeigen folgende Zahlen:

Versuchsreihe 1.

	P	Ca	Mg
	g	g	g
Pferd III	100,8	58,8	69,5
Pferd IV	100,9	59,5	69,3

Versuchsreihe 2.

Pferd III	94,2	63,3	68,0
Pferd IV	95,9	74,6	71,7

Diese Zahlen stimmen mit denjenigen E. Wolff's³⁾ nur theilweise überein. In E. Wolff's Versuchen gingen mit dem Koth vom Ca 35,36—42,96 %, vom Mg 59,24—61,84 % verloren, also weniger wie in meinen Versuchen, nach welchen mehr als $\frac{2}{3}$ des Ca und fast $\frac{3}{4}$ des Mg des Futters mit dem Koth entleert werden können. Der P wird, wie auch E. Wolff fand, ganz oder fast ganz mit dem Koth entleert.

In der Versuchsreihe 2, in welcher die Pferde neben Heu auch Hafer erhielten, ging mit dem Koth relativ mehr Ca und Mg verloren, wie in der Versuchsreihe 1. Vielleicht sind das Ca und Mg im Hafer in weniger leicht verdaulicher resp. löslicher Verbindung

1) Voit in Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. 6 S. 373.

2) Noorden, Lehrb. d. Pathologie des Stoffwechsels S. 20.

3) E. Wolff, Grundl. d. ration. Fütterung etc. Neue Beiträge 1897 S. 40.

vorhanden oder setzt der Hafer die Verdaulichkeit der Ca-Verbindungen des Heues herab. Meine Versuche entscheiden diese Frage nicht.

Da der Gehalt des Harnes an P, Ca und Mg in erster Reihe von der resorbierten Menge dieser Stoffe abhängt, so war im Harn wenig P und relativ viel Ca und Mg zu erwarten. Im ersten Versuch fand sich auch thatsächlich im Harn beider Pferde — besonders bei Pferd III — nur sehr wenig P; bei letzterem Pferde nur 0,06 g P pro Tag, doch war das Minimum 0,042 g, so dass der Harn nur 0,0008 % P enthielt. Etwas mehr P entleerte das Pferd 2. Hingegen entleerten die Pferde in der 2. Versuchsreihe mit dem Harne nicht unbedeutende Mengen P, Pferd III täglich 0,792 g und Pferd IV 0,465 g, Mengen, die durchaus nicht zu vernachlässigen sind. (Ist doch 0,792 g P = 3,63 g P_2O_5 und 0,465 g P = 2,13 g P_2O_5 .) Jedenfalls beweisen diese Zahlen, dass Pferde bei P-reichem Futter — Hafer — nicht unbedeutende Mengen P mit dem Harn entleeren.

E. Wolff bestimmte nur in einer Periode seiner 2. Versuchsreihe den P-Gehalt des Harnes und fand pro Tag 0,88 g P_2O_5 ; mit dem Futter verzehrte das Pferd 62,79 g P_2O_5 ; Salkowski¹⁾ fand im 24stündigen Harn eines Pferdes 0,22 g P_2O_5 .

Die Menge des im Harn entleerten Ca und Mg entspricht annähernd der resorbierten Menge. Sie ist kleiner als bei Ca und Mg-reichem Futter. Wenn es auch nicht zu bezweifeln ist, dass das Ca und Mg im Harn aus dem Futter stammt, ist es immerhin interessant, dass der Quotient $\frac{Mg}{Ca}$ des Harnes vollständig übereinstimmt mit dem Verhältniss des resorbierten Ca zum resorbierten Mg:

		Resorbiert	Mit dem Harn entleert
		Ca	Ca
		Mg	Mg
1. Versuch.	Pferd III . . .	4,38	4,31
1. Versuch.	Pferd IV . . .	4,38	4,08
2. Versuch.	Pferd III . . .	2,92	2,08
2. Versuch.	Pferd IV . . .	2,08	2,14

Den P-, Ca- und Mg-Stoffwechsel pro Tag zeigt die folgende Tabelle, in die ich auch den N-Stoffwechsel aufgenommen habe.

1) Citirt nach Tereg und Ellenberger, siehe Vergl. Physiol. der Haus-säugethiere Bd. 1 S. 382.

Tabelle 3.
Täglicher N-, P-, Ca- und Mg-Umsatz.

	N	P	Ca	Mg
	g	g	g	g

Versuchsreihe 1.

Pferd III.

Futter: 8 kg Heu	109,28	11,74	35,40	10,97
Tränkwasser (19,6 kg)	—	—	0,98	0,26
Gesamtaufnahme	109,28	11,74	36,38	11,23
Koth	50,70	11,83	21,31	7,80
Also resorbiert	58,58	(—0,09)	15,07	3,43
Mit dem Harn entleert	70,39	0,061	14,88	3,34
Bilanz	—11,81	—0,15	+0,69	+0,09

(Durchschnittliche Veränderung des Körpergewichtes pro Tag: — 0,5 kg.)

Pferd IV.

Futter: 8 kg Heu	109,28	11,74	35,40	10,97
Tränkwasser (26,5 kg)	—	—	1,32	0,36
Gesamtaufnahme	109,28	11,74	36,72	11,33
Koth	52,91	11,85	21,84	7,85
Also resorbiert	56,37	(—0,11)	14,88	3,48
Mit dem Harn entleert	68,11	0,13	14,11	3,46
Bilanz	—11,74	—0,24	+0,77	+0,02

(Durchschnittliche Veränderung des Körpergewichtes pro Tag: — 0,63 kg.)

Versuchsreihe 2.

Pferd III.

Futter: { 5 kg Heu	92,20	8,26	20,61	10,44
{ 5 kg Hafer	90,88	16,24	5,74	4,18
Tränkwasser (17,3 kg)	—	—	0,88	0,24
Gesamtaufnahme	183,08	24,50	27,23	14,86
Koth	48,30	23,07	17,23	11,09
Also resorbiert	134,78	1,43	10,00	3,77
Mit dem Harn entleert	102,16	0,79	8,10	3,44
Bilanz	+32,62	+0,64	+1,90	+0,38

(Durchschnittliche Veränderung des Körpergewichtes pro Tag: + 0,45 kg.)

Pferd IV.

Futter: { 5 kg Heu	92,20	8,26	20,61	10,44
{ 4 kg Hafer	90,88	16,24	5,74	4,18
Tränkwasser (22,0 kg)	—	—	1,09	0,30
Gesamtaufnahme	183,08	24,50	27,44	14,92
Koth	53,45	23,50	18,66	10,70
Also resorbiert	129,63	1,00	8,78	4,22
Mit dem Harn entleert	90,65	0,47	7,69	3,59
Bilanz	+38,98	+0,53	+1,09	+0,63

(Durchschnittliche Veränderung des Körpergewichtes pro Tag: + 0,72 kg.)

Aus dieser Tabelle geht vor Allem hervor, dass der Stoffwechsel in je einer Versuchsreihe also unter ganz gleichen Versuchs-

bedingungen bei beiden Pferden ganz gleich verlaufen ist, was die Zulässigkeit der aus den Ergebnissen gezogenen Schlüsse in hohem Maasse stützt.

Der N-Stoffwechsel beweist, dass in der ersten Versuchsreihe bei ungenügendem Futter die Thiere aus ihrem eigenen Eiweissbestande zugesetzt haben. Das thatsächliche N-Deficit ist jedenfalls grösser gewesen als das aus den Zahlen der Tabelle berechnete. Denn erstens geht beim Trocknen des Kothes immer etwas N verloren und zweitens verlieren die Thiere durch Ausfall von Haaren, Abnutzung der Hufe, Abfall der Epidermisschuppen u. s. w. fortwährend N, welcher Verlust nach E. Wolff pro Tag etwa 7 g¹⁾ beträgt. Wir müssen das berechnete N-Deficit in unserem Versuche dementsprechend um 7 g erhöhen. Es hat also jedes Pferd täglich etwa 19 g N verloren, was annähernd 600 g Fleisch entspricht. (Das eine Pferd verlor täglich durchschnittlich 630 g, das andere 500 g an Körpergewicht.)

Ebenso wie die Thiere sich in N-Deficit befanden, waren sie auch in P-Deficit. Es wurde schon erwähnt, dass der ganze P des Futters in Kothe wiedergefunden wurde, folglich kann der P des Harnes nur aus der Körpersubstanz stammen. Das folgt übrigens schon aus dem N-Umsatz. Dem 19 g N-Verlust entspricht ein Fleischverlust von etwa 600 g; wird nun so viel Fleisch zersetzt und die Zersetzungsproducte entleert, so muss natürlich auch der P des Fleisches in den Harn gelangen. Nach Zuelzer²⁾ entfallen im Pferdemuskel auf 100 g N 15,7 g P, O₂, was 3,43 g P entspricht. Mithin würde einem N-Verlust von 19 g ein Verlust von 0,65 g P entsprechen; der nachgewiesene P-Verlust beträgt aber nur 0,15 g bei dem einen und 0,24 g bei dem anderen Pferde. Der beobachtete P-Verlust könnte also jedenfalls in dem aus dem N-Deficit in der üblichen Weise berechneten Fleischverlust seine Erklärung finden. Der Unterschied zwischen dem aus dem Fleischverlust berechneten und dem thatsächlich ermittelten P-Deficit ist jedoch zu bedeutend, als dass er vielleicht auf Versuchsfehler zurückgeführt werden könnte.

Die wahrscheinlichste Erklärung dieses grossen Unterschiedes ist die, dass bei ungenügender Eiweisszufuhr ausser Muskelsubstanz auch noch andere P-ärmere Gewebe zersetzt werden.

1) E. Wolff, Grundle. d. ration. Fütterung d. Pferdes. Neue Beiträge S. 106.

2) Zuelzer, Untersuch. üb. die Semiologie des Harns S. 47. Berlin 1884.

In der zweiten Versuchsreihe weist der N-Stoffwechsel einen Eiweissansatz nach; bei dem einen Pferde blieben täglich 32,62 g, bei dem anderen 38,98 g N zurück. Zieht man von diesen Beträgen im Sinne des oben Gesagten etwa 7 g als nicht bestimmten N-Verlust ab, so blieben bei Pferd III annähernd 25 g, bei IV 30 g N zurück, was 750 resp. 920 g täglichem Fleischansatz entsprechen würde. Das Körpergewicht nahm täglich durchschnittlich um 450 resp. 750 g zu. Es braucht wohl nicht näher erörtert zu werden, dass ebensowenig wie beim N-Deficit auch beim N-Ansatz der berechnete Fleischverlust beziehungsweise Fleischansatz mit der beobachteten Körpergewichtsveränderung nicht übereinstimmen muss resp. nur selten übereinstimmen wird.

Neben dem N-Ansatz liess sich in dieser Versuchsreihe auch ein P-Ansatz nachweisen, bei dem einen Pferde 0,64 g, bei dem anderen 0,53 g. Berechnet man, wie oben auf Grund der Zuelzer'schen Angaben, wie viel P-Ansatz dem N-Ansatz entspricht, so erhält man 0,86 g resp. 1,1 g P, also mehr. Als wahrscheinlichste Erklärung dieser Differenz dürfte wohl die Annahme gelten, dass der zurückgebliebene N ausser zu Fleisch(Muskel)substanz auch noch zur Bildung P-ärmeren Gewebe verwendet wurde, was mit unseren Befunden bei ungenügender Eiweisszufuhr gut übereinstimmt. Bei letzterer werden nämlich, wie oben erwähnt, wahrscheinlich ausser Muskelsubstanz auch P-ärmere Gewebe zersetzt, welch' letztere dagegen bei abundanter Eiweisszufuhr ausser Muskelsubstanz gebildet werden würden.

Die Versuche beweisen jedenfalls, dass zwischen N- und P-Stoffwechsel ein gewisser Parallelismus besteht.

Aus dem Ca- und Mg-Umsatz geht hervor, dass trotz der bedeutenden Ca-Armut des Futters, die resorbierte Ca- und Mg-Menge genügte, den Bedarf zu decken, ja dass von diesen Stoffen sogar noch etwas zurückgehalten wurde. Abgesehen von den Versuchsfehlern ist die thatsächliche Ca-Retention jedenfalls geringer als die gefundene, da einerseits das Ca, das mit den Epidermisgebilden verloren geht, nicht bestimmt wurde und andererseits der etwas grössere oder geringere Staubgehalt des Futters Fehler bei unserer Ca-Bestimmung verursachen konnte. Eben dieser Umstand bedingt eine gewisse Vorsicht in der Beurtheilung der Befunde. Immerhin glaube ich wenigstens im zweiten Versuche auf eine Ca-Retention folgern zu

können. Weiterhin dürften diese Versuche mit grosser Wahrscheinlichkeit dafür sprechen, dass die im Körper zurückgehaltene Ca-Menge auch beim erwachsenen Thiere der resorbirten Ca-Menge nicht nothwendiger Weise proportional ist. Im ersten Versuche wurden durchschnittlich täglich 15 g Ca resorbirt, im zweiten Versuche nur 9 g, und doch war die Ca-Retention in diesem Versuche grösser.

Zur Beurtheilung der relativen Grösse der P-, Ca- und Mg-Zufuhr berechnete ich für meine Versuche die täglich pro 1 kg Körpergewicht verzehrte P-, Ca- und Mg-Menge. Pro Tag und 1 kg Körpergewicht verzehrten:

	P	Ca	Mg
Pferd III in Versuch 1	0,029 g	0,090 g	0,028 g
Pferd IV in Versuch 1	0,027 g	0,083 g	0,026 g
Pferd III in Versuch 2	0,061 g	0,067 g	0,037 g
Pferd IV in Versuch 2	0,056 g	0,083 g	0,034 g
Das Pferd E. Wolff's durchschnittl.	0,031 g	0,150 g	0,051 g

Aus solchen Zahlen auf das zur Erhaltung des Gleichgewichtes der fraglichen Elemente im Stoffwechsel nöthige Minimum zu schliessen, hat nur bedingten Werth, denn es kommt ja nicht auf die absolute Menge im verzehrten Futter, sondern auf die Menge des verdaulichen Antheils an. Es wird sich also für jedes Futter ein anderes Minimum ergeben. So viel aber geht aus den mitgetheilten Daten noch hervor, dass bei dem gewöhnlichen gemischten Futter von Pferdeheu und Hafer eine bedeutend geringere Ca-Menge zur Erhaltung des Ca-Gleichgewichts genügt als die Ca-Menge, die in E. Wolff's Versuchen verfüttert wurde. (Führten doch schon 0,069 g pro 1 kg und Tag zu einem Ca-Ansatz.) Mit dieser geringen Ca-Menge konnten die Pferde ihr Ca-Gleichgewicht nicht nur während der kurzen Versuchszeit, sondern lange Zeit hindurch erhalten. Wenigstens glaube ich das aus dem Umstande mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit folgern zu können, dass sie fast $\frac{3}{4}$ Jahr hindurch dieses kalkarme Futter ohne den geringsten Schaden erhielten.

Aus meinem Versuche geht schliesslich auch noch hervor, dass die Menge des Tränkwassers keinen Einfluss hat weder auf die Resorption noch auf den Umsatz des Ca und Mg. Trotzdem das Pferd III in der ersten Versuchsreihe täglich durchschnittlich um 6,9 l, d. h. um 35 % in der Versuchsreihe 2 um 4,7 l, d. h. um 27 % mehr Wasser soff als das andere Pferd, war doch der Ca- und Mg-Umsatz bei beiden Thieren ganz gleich.