

# Weiterer Beitrag zur Kenntnis der synthetischen Fähigkeiten der tierischen Zelle. Die Wirkung des Salpeters (Natriumnitrats) auf den Stickstoffstoffwechsel.

Von

Emil Abderhalden und Paul Hirsch.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Halle a. S.)

(Der Redaktion zugegangen am 21. Februar 1913)

E. Grafe<sup>1)</sup> hat auf dem Kongreß für innere Medizin mitgeteilt, daß Versuche mit Natriumnitrat Stickstoffretentionen ergeben haben. Da Grafe schreibt «Erwähnt sei nur noch zum Schluß, daß mit Salpeter (Natriumnitrat) angestellte Versuche in ziemlich analoger Weise ausfallen, so daß also auch in der Richtung der Unterschied zwischen Tier- und Pflanzenreich sich sehr stark verwischen dürfte,» ist wohl anzunehmen, daß er an eine Verwertung des in Form von Salpeter zugeführten Stickstoffs im tierischen Organismus denkt. Trotzdem Grafe seine Versuche bis jetzt nicht mitgeteilt hat, glauben wir unsere Befunde nicht zurückhalten zu dürfen, weil sie einmal in bezug auf den Salpeterstickstoff ein ganz klares eindeutiges Resultat ergeben haben und gleichzeitig geeignet sind, den Mechanismus der Stickstoffretention nach Ammonsalzfütterung klarzustellen.

Der Salpeterstickstoff läßt sich ausgezeichnet neben dem übrigen, in gewöhnlicher Form verabreichten Stickstoff verfolgen, weil der oxydierte Stickstoff mit der Kjeldahlmethode sich nicht direkt feststellen läßt. Man kann also im Harn den ausgeschiedenen Salpeterstickstoff und den übrigen Stickstoff getrennt bestimmen. Die angewandten Methoden sind weiter unten genau beschrieben.

Die erhaltenen Resultate sind die folgenden: Der in Form von Salpeter zugeführte Stickstoff erscheint

<sup>1)</sup> E. Grafe, Zur Frage der Eiweißsynthese bei Fütterung von Ammoniaksalzen. Verhandlungen des Deutschen Kongresses für innere Medizin., Bd. 29, S. 513 (1912). — Vgl. auch E. Grafe u. K. Turban. Über Stickstoffretentionen bei Fütterung von Harnstoff. Diese Zeitschrift. Bd. 83, S. 30 (1913).

quantitativ im Harn wieder. Er nimmt somit sicher keinen direkten Anteil am Eiweißstoffwechsel. Trotzdem kam es in zwei Versuchen zu Stickstoffretentionen, wenn man diejenige Stickstoffbilanz betrachtet, die dem nicht in Form von Salpeter zu- und ausgeführten Stickstoff entspricht. Diese Beobachtungen zeigen klar und deutlich, daß Stickstoffretentionen eintreten können, ohne daß Stoffe zugeführt werden, die zum Eiweißstoffwechsel in irgend welche direkte Beziehungen treten. Diese Feststellung steht im Einklang mit Versuchen von Pescheck,<sup>1)</sup> der mit nichtstickstoffhaltigen Salzen Stickstoffretention erhielt.

Unsere Versuche mahnen zu großer Vorsicht bei der Beurteilung von Stickstoffretentionen. Sie dürfen jedenfalls in keinem Falle ohne weiteres mit dem Eiweißstoffwechsel in direkte Beziehung gebracht werden. Noch viel weniger darf man von einer Verwertung des zugeführten stickstoffhaltigen Materiales zur Synthese von Aminosäuren oder gar von Eiweiß sprechen.

Es ist nicht ganz einfach, zu erklären, wie der Salpeter auf die Stickstoffbilanz wirkt. Er ist bekanntlich für den Organismus nicht gleichgültig.<sup>2)</sup> Unsere Versuchstiere gingen alle unzweifelhaft an den Folgen der Salpeterfütterung zugrunde. Die relativ große Giftigkeit der salpetersauren Salze beschränkt die Stickstoffzufuhr in dieser Form ganz wesentlich.

Was die Ausführung der Versuche anbetrifft, so verweisen wir auf die an dieser Stelle wiederholt gegebenen Schilderungen. Die Stickstoffbilanz ist ausschließlich auf Grund

<sup>1)</sup> Ernst Pescheck, Über Einwirkung von Ammoniaksalzen und essigsäuren Salzen auf den Stickstoffstoffwechsel des Fleischfressers. *Biochem. Zeitschr.*, Bd. 45, S. 244—280 (1912).

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Hertwig, *Handbuch der Arzneimittellehre für Tierärzte*, 4. Auflage, 1863, S. 488. — Orfila, *Toxikologie*, Bd. 1, S. 174. — A. Barth, *Toxikolog. Untersuchungen über den Chilisalpeter*. Inaug.-Dissert., Bonn 1879. — R. v. Jaksch, *Die Vergiftungen*, Wien 1910, S. 74. — E. Fröhner, *Lehrbuch der Arzneimittellehre für Tierärzte*. 8. Auflage, Stuttgart 1909, S. 340. — Friedberger u. Fröhner, *Lehrbuch der speziellen Pathologie und Therapie der Haustiere*, 7. Auflage, Stuttgart 1908, S. 203.

direkter Stickstoffbestimmungen festgestellt worden. Zu den einzelnen Versuchen ist folgendes zu bemerken.

Hund 1 (Hertha) erhielt an 3 Tagen Fleisch + 5 g Salpeter und an drei auf diese Periode folgenden Tagen nur Salpeterstickstoff. Der in dieser Form zugeführte Stickstoff erschien quantitativ im Harn wieder. Die Stickstoffretention war an den Fleischtagen beträchtlich. Bei dem am Hunde Helena ausgeführten Versuche wurde zunächst an 7 Tagen Salpeter verabreicht. Der Salpeterstickstoff wurde nicht so regelmäßig ausgeschieden, wie beim vorhergehenden Versuche. Es erschien auch nicht der gesamte Salpeterstickstoff im Harne wieder. Leider wurde versäumt, im Kote den Salpeterstickstoff zu bestimmen. Daß während der Salpeterfütterung die Resorption gestört war, geht aus den auffallend hohen Kotstickstoffwerten in dieser Periode hervor. Der gleiche Hund erhielt dann an noch 3 Tagen Salpeter und schied den Salpeterstickstoff quantitativ aus.

Der dritte Hund (Schnauzerl) erhielt 9 Tage lang Natriumnitrat. Es erfolgte prompte Ausscheidung des zugeführten Salpeterstickstoffes. Die Stickstoffbilanz — ohne Berücksichtigung der Salpeterstickstoff-Zu und Ausfuhr — wurde bei diesem Versuche nicht im Sinne einer Stickstoffretention beeinflußt. Endlich haben wir noch einen Versuch an einem Schweine ausgeführt. Es erhielt an 15 Tagen Salpeter. Auch hier wurde der Salpeterstickstoff quantitativ im Harne ausgeschieden.

#### Bestimmung des Salpeterstickstoffs.

Wir bestimmten den Salpeterstickstoff des Harnes, indem wir ihn zu Ammoniak reduzierten. Wir bedienten uns in unseren Versuchen zweier Methoden. In Versuch I (Hund Hertha) bestimmten wir den Salpeterstickstoff nach dem von Devarda angegebenen, wie unten mitgeteilt, etwas modifizierten Verfahren. Wir verweisen auf die in Treadwells Lehrbuch der analytischen Chemie, Band II, S. 342 (4. Auflage 1907) gemachten Angaben. Wir verfahren, wie folgt. Wir bestimmten einmal in 5 ccm Harn den Gesamtstickstoff nach Kjeldahl. Des weiteren in 5 ccm Harn den Ammoniakstickstoff nach dem Verfahren von

## Versuch I. Hund: Hertha.

Tag	Datum 1912	Ge- wicht g	Nahrung	Ei- weiß- N in Nah- rung g	Sal- peter- N in Nah- rung g	Ge- sam- N in Nah- rung g	Wasser- zufuhr ccm	Harn- menge ccm	Kot- menge g	Nach- Kjel- dahl N in Harn g	Am- moniak- N in Harn <sup>1)</sup> g	Am- moniak- N + Sal- peter-N in Harn g	Sal- peter- N in Harn g	Ge- sam- N in Harn g	N in Kot g	Gesamt-N- Ausfuhr ohne Berück- sichtigung der Salpeter- aus- scheidung	Gesamt-N- Ausfuhr mit Berück- sichtigung der Salpeter- aus- scheidung	N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter- aus- scheidung	N-Bilanz mit Berück- sichtigung der Salpeter- aus- scheidung	Sal- peter- N- Bilanz	N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter- N- Zu- und Ausfuhr	
1.	2.—3.	9200	Hunger	—	—	—	250	250	6	2,95	0,17	0,17	—	2,95	0,19	3,14	3,14	— 3,14	— 3,14	—	— 3,14	
2.	3.—4.	9000	„	—	—	—	100	80	}	1,70	0,13	0,15	—	1,70	0,23	1,93	1,93	— 1,93	— 1,93	—	— 1,93	
3.	4.—5.	8900	„	—	—	—	50	180		1,93	0,17	0,16	—	1,93	0,23	2,16	2,16	— 2,16	— 2,16	—	— 2,16	
4.	5.—6.	8800	„	—	—	—	20	}		2,79	0,24	0,25	—	2,79	0,23	3,02	3,02	— 3,02	— 3,02	—	— 3,02	
5.	6.—7.	8600	„	—	—	—	120		180	2,80	0,25	0,27	—	2,80	0,23	3,03	3,03	— 3,03	— 3,03	—	— 3,03	
6.	7.—8.	8780	100 g Zucker, 50 g Fett, 34,8 g Fleischpulver	3,00	—	3,00	250	190	}	2,08	0,20	0,19	—	2,08	0,23	2,31	2,31	+ 0,69	+ 0,69	—	+ 0,69	
7.	8.—9.	8890	desgl.	3,00	—	3,00	280	230		18	3,36	0,19	0,18	—	3,36	0,23	3,59	3,59	— 0,59	— 0,59	—	— 0,59
8.	9.—10.	8900	„	3,00	—	3,00	350	280		3,38	0,27	0,28	—	3,38	0,44	3,82	3,82	— 0,82	— 0,82	—	— 0,82	
9.	10.—11.	9000	„	3,00	—	3,00	355	360	}	2,85	0,23	0,24	—	2,85	0,44	3,29	3,29	— 0,29	— 0,29	—	— 0,29	
10.	11.—12.	9000	„	3,00	—	3,00	400	360		2,63	0,25	0,26	—	2,63	0,44	3,07	3,07	— 0,07	— 0,07	—	— 0,07	
11.	12.—13.	9100	„	3,00	—	3,00	400	400	}	3,00	0,37	0,35	—	3,00	0,44	3,44	3,44	— 0,44	— 0,44	—	— 0,44	
12.	13.—14.	9150	„	3,00	—	3,00	200	200		2,73	0,20	0,18	—	2,73	0,32	3,05	3,05	— 0,05	— 0,05	—	— 0,05	
13.	14.—15.	9100	„	3,00	—	3,00	280	300	}	2,27	0,23	0,21	—	2,27	0,32	2,59	2,59	+ 0,41	+ 0,41	—	+ 0,41	
14.	15.—16.	9120	„	3,00	—	3,00	210	200		2,02	0,27	0,28	—	2,02	0,32	2,34	2,34	+ 0,66	+ 0,66	—	+ 0,66	
15.	16.—17.	9200	„	3,00	—	3,00	300	300	}	3,14	0,52	0,54	—	3,14	0,32	3,46	3,46	— 0,46	— 0,46	—	— 0,46	
16.	17.—18.	9300	„	3,00	—	3,00	250	300		2,88	0,27	0,26	—	2,88	0,24	3,12	3,12	— 0,12	— 0,12	—	— 0,12	
17.	18.—19.	9300	„	3,00	—	3,00	100	200	}	1,48	0,23	0,23	—	1,48	0,25	1,73	1,73	+ 1,27	+ 1,27	—	+ 1,27	
18.	19.—20.	9100	„	3,00	—	3,00	460	400		6,56	0,83	0,85	—	6,56	0,62	7,18	7,18	— 4,18	— 4,18	—	— 4,18	
19.	20.—21.	9100	„	3,00	—	3,00	300	300	}	2,44	0,32	0,34	—	2,44	0,62	3,06	3,06	— 0,06	— 0,06	—	— 0,06	
20.	21.—22.	9100	100 g Zucker, 50 g Fett, 34,8 g Fleischpulver, 5 g Salpeter	3,00	0,82	3,82	480	500		18	2,01	0,26	1,10	0,84	2,85	0,63	2,64	3,48	+ 1,18	+ 0,34	— 0,02	+ 0,36
21.	22.—23.	9000	desgl.	3,00	0,82	3,82	500	420	}	2,14	0,26	1,06	0,80	2,94	0,61	2,75	3,55	+ 1,07	+ 0,27	+ 0,02	+ 0,25	
22.	23.—24.	8900	„	3,00	0,82	3,82	500	520		17	1,18	0,34	1,19	0,82	2,00	0,61	1,79	2,61	+ 2,03	+ 1,21	— 0,00	+ 1,21
23.	24.—25.	9020	100 g Zucker, 50 g Fett, 5 g Salpeter	—	0,82	0,82	500	440	}	0,83	0,20	1,00	0,80	1,63	1,62	2,45	3,25	— 1,63	— 2,43	+ 0,02	— 2,45	
24.	25.—26.	8900	desgl.	—	0,82	0,82	500	250		18	2,10	0,32	1,17	0,85	2,95	0,39	2,49	3,34	— 1,67	— 2,52	— 0,03	— 2,49
25.	26.—27.	8800	„	—	0,82	0,82	350	300	}	2,19	0,27	1,11	0,84	3,03	0,42	2,61	3,45	— 1,79	— 2,63	— 0,02	— 2,61	
26.	27.—28.	8700	100 g Zucker, 50 g Fett	—	—	—	—	}		1,04	0,20	0,21	—	1,04	0,43	1,47	1,47	— 1,47	— 1,47	—	— 1,47	
27.	28.—29.	8500	Hunger	—	—	—	—		100	—	1,05	0,20	0,21	—	1,05	—	—	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Die angeführten Werte haben nur Bedeutung für die Bestimmung des Salpeterstickstoffs. Beide Bestimmungen wurden neben einander ausgeführt. In einzelnen Fällen ist der Harn nicht sofort verarbeitet worden. Es könnte somit in diesen Fällen die ursprüngliche vorhandene Ammoniakmenge sich sekundär vermehrt haben.

## Versuch II. Hund: Helena.

Tag	Datum	Gewicht	Nahrung <sup>1)</sup>	Eiweiß-N in Nahrung	Salpeter-N in Nahrung	Gesamt-N in Nahrung	Wasserzufuhr	Harnmenge	Kotmenge	Nach Kjeldahl N in Harn	Kjeldahl-N + Salpeter-N in Harn	Salpeter-N in Harn	Kot-N	Gesamt-N-Ausfuhr ohne Berücksichtigung des Salpeter-N	Gesamt-N-Ausfuhr mit Berücksichtigung des Salpeter-N	N-Bilanz ohne Berücksichtigung der Salpeter-N-Ausfuhr	N-Bilanz mit Berücksichtigung der Salpeter-N-Ausfuhr	Salpeter-N-Bilanz	N-Bilanz ohne Berücksichtigung der Salpeter-N-Zu- u. -Ausfuhr
	1912	g		g	g	g	ccm	ccm	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1.	12.—13.	7050	50 g Fett, 100 g Zucker	—	—	—	500	480	10	3,43	3,40	—	0,21	3,64	3,64	— 3,64	— 3,64	—	— 3,64
2.	13.—14.	7200	desgl.	—	—	—	500	360	16	1,53	1,55	—	0,22	1,75	1,75	— 1,75	— 1,75	—	— 1,75
3.	14.—15.	7200	„	—	—	—	220	215		3,19	3,21	—	0,23	3,42	3,42	— 3,42	— 3,42	—	— 3,42
4.	15.—16.	7300	„	—	—	—	295	180	34	0,67	0,66	—	0,23	0,90	0,90	— 0,90	— 0,90	—	— 0,90
5.	16.—17.	7250	„	—	—	—	500	500		1,92	1,98	—	0,23	2,15	2,15	— 2,15	— 2,15	—	— 2,15
6.	17.—18.	7200	„	—	—	—	375	480	13	2,02	2,01	—	0,16	2,18	2,18	— 2,18	— 2,18	—	— 2,18
7.	18.—19.	7200	50 g Fett, 100 g Zucker, 5 g Salpeter	—	0,82	0,82	500	520	41	0,78	1,61	0,83	0,46	1,24	2,07	— 0,42	— 1,25	— 0,01	— 1,24
8.	19.—20.	7100	desgl.	—	0,82	0,82	500	500		1,41	1,60	0,19	0,46	1,87	2,06	— 1,05	— 1,24	+ 0,63	— 1,87
9.	20.—21.	7050	„	—	0,82	0,82	500	480	35	1,01	1,49	0,48	0,63	1,64	2,12	— 0,82	— 1,30	+ 0,34	— 1,64
10.	21.—22.	7000	„	—	0,82	0,82	500	560	32	1,45	1,89	0,44	0,63	2,08	2,52	— 1,26	— 1,70	+ 0,38	— 2,08
11.	22.—23.	7100	„	—	0,82	0,82	500	510	22	0,96	2,18	1,22	0,25	1,21	2,43	— 0,39	— 1,61	— 0,40	— 1,21
12.	23.—24.	6900	„	—	0,82	0,82	500	600		0,78	1,72	0,94	0,26	1,04	1,98	— 0,22	— 1,16	— 0,12	— 1,04
13.	24.—25.	6700	„	—	0,82	0,82	500	620	11	1,34	2,09	0,75	0,24	1,58	2,33	— 0,76	— 1,51	+ 0,07	— 1,58
14.	25.—26.	6700	Hunger	—	—	—	440	250	11	1,15	1,20	0,05	0,31	1,64	1,51	— 1,46	— 1,51	— 0,05	— 1,64
15.	26.—27.	6500	„	—	—	—	160	260		1,41	1,41	—	0,31	1,72	1,72	— 1,72	— 1,72	—	— 1,72
16.	27.—28.	6400	„	—	—	—	240	300	6	3,02	3,02	—	0,25	3,27	3,27	— 3,27	— 3,27	—	— 3,27
17.	28.—29.	6150	„	—	—	—	100	160		1,70	1,74	—	0,25	1,95	1,95	— 1,95	— 1,95	—	— 1,95
18.	29.—30.	6100	„	—	—	—	200	120	6	1,73	1,71	—	0,25	1,98	1,98	— 1,98	— 1,98	—	— 1,98
19.	30.XI.—1.XII.	6100	50 g Fett, 100 g Zucker, 5 g Salpeter	—	0,82	0,82	300	260	7	2,00	2,85	0,85	0,29	2,29	3,14	— 1,47	— 2,32	— 0,03	— 2,29
20.	1.—2.	6100	50 g Fett, 100 g Zucker, 5 g Salpeter	—	0,41	0,41	100	600	19	1,43	1,85	0,42	0,33	1,76	2,18	— 1,35	— 1,77	— 0,01	— 1,76
21.	2.—3.	6100		„	—	0,41	0,41			500	1,43	1,85	0,42	0,34	1,76	2,19	— 1,36	— 1,78	— 0,01
22.	3.—4.	6000	Hunger	—	—	—	120	250	15	1,39	1,40	—	0,39	1,78	1,78	— 1,78	— 1,78	—	— 1,78
23.	4.—5.	5900	210 g Zucker	—	—	—	500	450	11	1,67	1,67	—	0,25	1,92	1,92	— 1,92	— 1,92	—	— 1,92
24.	5.—6.	5800	50 g Fett, 100 g Zucker	—	—	—	320	300		2,02	2,02	—	0,25	2,27	2,27	— 2,27	— 2,27	—	— 2,27
25.	6.—7.	5860	50 g Fett, 50 g Zucker, 50 g Stärke	—	—	—	210	200	8	2,27	2,28	—	0,36	2,63	2,63	— 2,63	— 2,63	—	— 2,63

<sup>1)</sup> Der Nahrung sind pro Tag 10 g Knochenasche beigelegt worden.

Versuch III Hund: Schnauzerl.

Tag	Datum	Ge- wicht	Nahrung	Ei- weiß- N in Nah- rung	Salpeter- N in Nahrung	Ge- samt- N in Nah- rung	Wasser- zufuhr	Harn- menge	Kot- menge	Nach- Kjehl- dahl N in Harn	Kjehl- dahl- N + Sal- peter- N in Harn	Sal- peter- N in Harn	Kot- N in	Gesamt-N- Ausfuhr ohne Berück- sichtigung des Salpeter-N	Gesamt-N- Ausfuhr mit Berück- sichtigung des Salpeter-N	N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter- N-Ausfuhr	N-Bilanz mit Berück- sichtigung der Salpeter- N-Ausfuhr	Sal- peter- N- Bilanz	N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Sal- peter-N- Zu- und -Ausfuhr	Bemer- kungen		
	1913	g		g	g	g	ccm	ccm	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g			
1.	6.—7.	5900	100 g Zucker, 50 g Fett, 10 g Knochenasche	0,06	—	0,06	250	200	61	1,55	1,55	—	0,23	1,78	1,78	— 1,72	— 1,72	—	— 1,72			
2.	7.—8.	6000	desgl.	0,06	—	0,06	200					1,55	1,55	—	0,23	1,78	1,78	— 1,72	— 1,72	—	— 1,72	
3.	8.—9.	5800	„	0,06	—	0,06	125					1,56	1,56	—	0,23	1,79	1,79	— 1,73	— 1,73	—	— 1,73	
4.	9.—10.	5950	„	0,06	—	0,06	200					0,78	0,78	—	0,47	1,25	1,25	— 1,19	— 1,19	—	— 1,19	
5.	10.—11.	5700	„	0,06	—	0,06	325			300	71	0,78	0,78	—	0,48	1,26	1,26	— 1,20	— 1,20	—	— 1,20	
6.	11.—12.	5700	„	0,06	—	0,06	250					175	15	1,07	1,07	—	0,18	1,25	1,25	— 1,19	— 1,19	—
7.	12.—13.	5600	70 g Zucker, 50 g Fett, 10 g Knochenasche	0,06	—	0,06	250	160	14	1,36	1,36	—	0,22	1,58	1,58	— 1,52	— 1,52	—	— 1,52			
8.	13.—14.	5550	100 g Zucker, 50 g Fett, 10 g Knochenasche + 5 g Salpeter	0,06	0,82	0,88	390	260	23	1,20	2,03	0,83	0,47	1,67	2,50	— 0,79	— 1,62	— 0,01	— 1,61			
9.	14.—15.	5500	desgl. + 5 g Salpeter	0,06	0,82	0,88	500	460		1,11	1,98	0,87	0,03	1,14	2,01	— 0,26	— 1,13	— 0,05	— 1,08			
10.	15.—16.	5400	„ + desgl.	0,06	0,82	0,88	500	560		1,66	2,30	0,64	0,03	1,69	2,33	— 0,81	— 1,45	+ 0,18	— 1,63			
11.	16.—17.	5300	„ + „	0,06	0,82	0,88	500	550		1,59	2,20	0,61	0,03	1,62	2,23	— 0,74	— 1,35	+ 0,21	— 1,56			
12.	17.—18.	5150	„ + „	0,06	0,82	0,88	500	400		1,63	2,38	0,75	0,03	1,66	2,41	— 0,78	— 1,53	+ 0,07	— 1,60			
13.	18.—19.	5150	„ + „	0,06	0,82	0,88	500	340		1,15	1,92	0,77	0,03	1,18	1,95	— 0,30	— 1,07	+ 0,05	— 1,12			
14.	19.—20.	5100	„ + „	0,06	0,82	0,88	500	500		2,26	3,15	0,89	0,03	2,29	3,18	— 1,41	— 2,30	— 0,07	— 2,23			
15.	20.—21.	4900	„ + „	0,06	0,31	0,37	350	460		1,67	2,51	0,84	0,04	1,71	2,55	— 1,34	— 2,18	— 0,53	— 1,65	Rest-N 0,51		
16.	21.—22.	4700	„ + 5 g Salpeter in 5 Kapseln	0,26	0,82	1,08	500	525	16	2,60	3,45	0,85	0,04	2,64	3,49	— 1,56	— 2,41	— 0,03	— 2,38			
17.	22.—23.	4670	Hunger	—	—	—	190	175		2,21	2,21	—	0,05	2,26	2,26	— 2,26	— 2,26	—	— 2,26			
18.	23.—24.	4520	„	—	—	—	180	125		2,14	2,14	—	0,05	2,19	2,19	— 2,19	— 2,19	—	— 2,19			
19.	24.—25.	4350	„	—	—	—	190				2,15	2,15	—	0,05	2,20	2,20	— 2,20	— 2,20	—	— 2,20		
20.	25.—26.	4200	„	—	—	—	160				1,38	1,38	—	0,05	1,43	1,43	— 1,43	— 1,43	—	— 1,43		
21.	26.—27.	4000	„	—	—	—	140	220	24	1,38	1,38	—	0,05	1,43	1,43	— 1,43	— 1,43	—	— 1,43			
22.	27.—28.	4100	„	—	—	—	400					1,39	1,39	—	0,05	1,44	1,44	— 1,44	— 1,44	—	— 1,44	
23.	28.—29.	4200	100 g Zucker, 50 g Fett, 10 g Knochenasche	0,06	—	0,06	500	125		1,46	1,46	—	0,28	1,74	1,74	— 1,68	— 1,68	—	— 1,68			
24.	29.—30.	4100	desgl.	0,06	—	0,06	260	100	20	1,60	1,60	—	0,29	1,89	1,89	— 1,83	— 1,83	—	— 1,83			

## Versuch IV. Schwein: Foops.

Tag	Datum 1913	Ge- wicht g	Nahrung	Ei- weiß- N in Nah- rung g	Sal- peter- N in Nah- rung g	Ge- samt- N in Nah- rung g	Wasser- zufuhr ccm	Harn- menge ccm	Kot- menge g	Nach Kjel- dahl N in Harn g	Kjel- dahl- N + Sal- peter- N in Harn g	Sal- peter- N in Harn g	Kot- N in g	Gesamt-N- Ausfuhr ohne Berück- sichtigung des Salpeter-N	Gesamt-N- Ausfuhr mit Berück- sichtigung des Salpeter-N	N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter-N- Ausfuhr	N-Bilanz mit Berück- sichtigung der Salpeter-N- Ausfuhr	Sal- peter- N- Bilanz	N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter-N- Zu- und -Ausfuhr
1.	14.—15. I.	18 400	200 g Stärke, 50 g Fett	0,11	—	0,11	750	125	13	1,21	1,21	—	0,28	1,49	1,49	— 1,38	— 1,38	—	— 1,38
2.	15.—16.	18 500	300 g » 50 g »	0,13	—	0,13	950	375	}	1,38	1,38	—	0,02	1,40	1,40	— 1,27	— 1,27	—	— 1,27
3.	16.—17.	18 500	300 g » 50 g »	0,13	—	0,13	950	750		1,56	1,56	—	0,02	1,58	1,58	— 1,45	— 1,45	—	— 1,45
4.	17.—18.	18 550	400 g Stärke, 70 g Fett	0,19	—	0,19	1700	775		1,56	1,56	—	0,02	1,58	1,58	— 1,39	— 1,39	—	— 1,39
5.	18.—19.	18 400	desgl.	0,19	—	0,19	1800	1025	}	2,30	2,30	—	0,03	2,33	2,33	— 2,14	— 2,14	—	— 2,14
6.	19.—20.	18 350	»	0,19	—	0,19	1000	800		0,92	0,92	—	0,03	0,95	0,95	— 0,76	— 0,76	—	— 0,76
7.	20.—21.	18 350	400 g Stärke, 70 g Fett + 5 g Salpeter	0,19	0,82	1,01	1250	800	7	1,12	1,95	0,83	0,19	1,31	2,14	— 0,30	— 1,13	— 0,01	— 1,12
8.	21.—22.	18 700	desgl.	0,19	0,82	1,01	1400	950	9	1,05	1,86	0,81	0,30	1,35	2,16	— 0,34	— 1,15	+ 0,01	— 1,16
9.	22.—23.	18 770	300 g Stärke, 70 g Fett 100 g Zucker + 5 g Salpeter	0,16	0,82	0,98	1000	925	11	2,24	3,08	0,84	0,36	2,60	3,44	— 1,62	— 2,46	— 0,02	— 2,44
10.	23.—24.	18 700	desgl.	0,16	0,82	0,98	1000	575	}	2,18	2,91	0,73	0,15	2,33	3,06	— 1,35	— 2,08	+ 0,09	— 2,17
11.	24.—25.	18 500	»	0,16	0,82	0,98	1000	400		10	1,62	2,42	0,80	0,15	1,77	2,57	— 0,79	— 1,59	— 0,02
12.	25.—26.	19 000	200 g Stärke, 70 g Fett, 200 g Zucker + 5 g Salpeter	0,14	0,82	0,96	1000	625	}	2,99	3,80	0,81	0,14	3,13	3,94	— 2,17	— 2,98	— 0,01	— 2,99
13.	26.—27.	19 000	100 g Stärke, 70 g Fett, 300 g Zucker + 5 g Salpeter	0,11	0,82	0,93	1000	325		1,79	2,66	0,87	0,14	1,93	2,80	— 1,00	— 1,87	— 0,05	— 1,92
14.	27.—28.	18 700	desgl.	0,11	0,82	0,93	1000	475		13	2,15	2,99	0,84	0,14	2,29	3,13	— 1,36	— 2,20	— 0,02
15.	28.—29.	19 100	200 g Stärke, 250 g Zucker + 5 g Salpeter	0,05	0,82	0,87	1000	425	}	0,94	1,66	0,72	0,20	1,14	1,86	— 0,27	— 0,99	+ 0,10	— 1,09
16.	29.—30.	19 000	200 g Stärke, 300 g Zucker, 70 g Butter + 5 g Salpeter	0,14	0,82	0,96	1000	425		13	1,26	2,10	0,84	0,20	1,46	2,30	— 0,50	— 1,34	— 0,02
17.	30.—31.	19 000	desgl.	0,14	0,82	0,96	950	525	}	1,92	2,62	0,70	0,08	2,00	2,70	— 1,04	— 1,74	+ 0,12	— 1,86
18.	31. I.—1. II.	18 900	200 g Stärke, 200 g Zucker, 70 g Butter + 5 g Salpeter	0,14	0,82	0,96	600	275		0,29	1,12	0,83	0,08	0,37	1,20	1,20	+ 0,59	— 0,24	— 0,01
19.	1.—2.	18 700	700 g Zucker + 5 g Salpeter	—	0,82	0,82	1000	600	7	2,30	3,28	0,98	0,08	2,38	3,36	— 1,56	— 2,54	— 0,16	— 2,38
20.	2.—3.	18 400	200 g Stärke, 400 g Zucker, 40 g Butter + 5 g Salpeter	0,09	0,82	0,91	600	500	}	0,21	1,00	0,79	0,19	0,40	1,19	+ 0,51	— 0,28	+ 0,03	— 0,31
21.	3.—4.	18 700	100 g Stärke, 450 g Zucker, 40 g Butter + 5 g Salpeter	0,07	0,82	0,89	550	300		8	3,22	4,08	0,86	0,20	3,42	4,28	— 2,53	— 3,39	— 0,04
22.	4.—5.	18 200	100 g Stärke, 450 g Zucker, 35 g Butter	0,07	—	0,07	1000	1225	}	3,36	3,36	—	0,11	3,47	3,47	— 3,40	— 3,40	—	— 3,40
23.	5.—6.	18 400	desgl.	0,07	—	0,07	300	}		0,89	0,89	—	0,11	1,00	1,00	— 0,93	— 0,93	—	— 0,93
24.	6.—7.	17 900	»	0,07	—	0,07	600		675	10	0,90	0,90	—	0,12	1,02	1,02	— 0,95	— 0,95	—

## Versuch I. — Hund: Hertha.

Durchschnittliche Nahrung	Durchschnittszahl der verfütterten Kalorien <sup>1)</sup>				Durchschnittlicher N-Gehalt der Nahrung		Anzahl der Tage	Mittelwert der N-Bilanz ohne Berücksichtigung der Salpeter-N-Zu- und -Ausfuhr	Mittelwert der N-Bilanz mit Berücksichtigung der Salpeter-N-Ausfuhr	Mittelwert der N-Bilanz ohne Berücksichtigung der Salpeter-N-Zu- und -Ausfuhr
	absolut		pro Kilogramm Körpergewicht		Eiweiß-N	Salpeter-N				
	Fett	Kohlenhydrate	Fett	Kohlenhydrate						
Hunger	—	—	—	—	—	—	5	— 2,66	— 2,66	— 2,66
50 g Fett, 100 g Zucker, 34,8 g Fleischpulver	465	410	875	51,2	45,1	3,00	14	— 0,29	— 0,29	— 0,29
50 g Fett, 100 g Zucker, 34,8 g Fleischpulver, 5 g Salpeter	465	410	875	51,6	45,6	3,00	3	+ 1,43	+ 0,61	+ 0,61
50 g Fett, 100 g Zucker, 5 g Salpeter	465	410	875	52,2	46,0	0,82	3	— 1,69	— 2,53	— 2,51
50 g Fett, 100 g Zucker	465	410	875	53,4	47,1	—	1	— 1,47	— 1,47	— 1,47
Hunger	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—

<sup>1)</sup> Der Berechnung liegen folgende Werte zugrunde: 1 g Fett = 9,3 Kalorien, 1 g Kohlenhydrate = 4,1 Kalorien.

## Versuch II. — Hund: Helena.

Durchschnittliche Nahrung	Durchschnittszahl der verfütterten Kalorien						Durchschnittlicher N-Gehalt der Nahrung			Anzahl der Tage	Mittelwert der N-Bilanz ohne Berücksichtigung der Salpeter- und N-Zu- und -Ausfuhr	Mittelwert der N-Bilanz mit Berücksichtigung der Salpeter- und N-Zu- und -Ausfuhr	Mittelwert der N-Bilanz ohne Berücksichtigung der Salpeter- und N-Zu- und -Ausfuhr
	absolut			pro Kilogramm Körpergewicht			Eiweiß-N	Salpeter-N	Summe				
	Fett	Kohlenhydrate	Summe	Fett	Kohlenhydrate	Summe							
50 g Fett, 100 g Zucker, 10 g Knochenasche	465	410	875	64,7	56,9	121,6	—	—	—	6	— 2,34	— 2,34	— 2,34
50 g Fett, 100 g Zucker, 10 g Knochenasche, 5 g Salpeter	465	410	875	66,3	58,5	124,8	—	0,82	0,82	7	— 0,70	— 1,40	— 1,52
Hunger	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	— 2,11	— 2,11	— 2,11
33,3 g Fett, 66,6 g Zucker, 6,6 g Knochenasche, 3,3 g Salpeter	309,7	273,1	581,8	50,7	44,7	95,4	—	0,55	0,55	3	— 1,38	— 1,95	— 1,93
Hunger	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	— 1,78	— 1,78	— 1,78
33,3 g Fett, 136,6 g Zucker, 6,6 g Knochenasche	309,7	560	869,7	53,0	95,7	148,7	—	—	—	3	— 2,27	— 2,27	— 2,27

## Versuch III. — Hund: Schnauzerl.

Durchschnittliche Nahrung	Durchschnittszahl der verfütterten Kalorien				Durchschnittlicher N-Gehalt der Nahrung		An- zahl der Tage	Mittelwert der N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter- N-Zu- -Ausfuhr	Mittelwert der N-Bilanz mit Berück- sichtigung der Salpeter- N-Ausfuhr	Mittelwert der N-Bilanz ohne Berück- sichtigung der Salpeter- N-Zu- -Ausfuhr			
	absolut		pro Kilogramm Körpergewicht		Ei- weiß- N	Sal- peter- N							
	Fett hydrate	Kohlen- hydrate	Fett	Kohlen- hydrate			Summe	Summe					
50 g Fett, 96 » Zucker, 10 » Knochenasche	465	392,4	837,4	84,2	71,1	155,3	0,06	—	0,06	7	— 1,47	— 1,47	— 1,47
50 g Fett, 100 » Zucker, 10 » Knochenasche, 5 » Salpeter	465	410	875	89,9	79,0	168,9	0,08	0,76	0,84	9	— 0,89	— 1,67	— 1,65
Hunger	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	— 1,82	— 1,82	— 1,82
50 g Fett, 100 » Zucker	465	410	875	112	98,9	210,9	0,06	—	0,06	2	— 1,75	— 1,75	— 1,75



Krüger-Reich-Schittenhelm und ferner in 5 ccm, zur Kontrolle manchmal auch in 10 oder 25 ccm Harn den Ammoniak-plus Salpeterstickstoff in folgender Weise.<sup>1)</sup> Ein 1 l-Rundkolben aus Jenenser Glas, der mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen versehen war, wurde auf ein Drahtnetz gestellt. Durch die eine Bohrung des Gummistopfens ging ein bis auf den Boden reichendes Glasrohr, an das ein Tropftrichter seitlich angeschmolzen war. Durch das Rohr konnte Wasserdampf geleitet werden. Die andere Bohrung war mit einem knieförmig gebogenen Glasrohr versehen, an das sich ein absteigender Kühler anschloß. In den Kolben wurden z. B. 5 ccm Harn, 100 ccm Wasser, 5 ccm Alkohol und 2—2½ g gepulverte Devardasche Legierung gegeben. Der Kühler wurde mittels eines Vorstoßes mit einer Vorlage verbunden, in der sich  $\frac{1}{10}$ -Schwefelsäure befand. Durch den Tropftrichter gaben wir 50 ccm 33%ige Natronlauge zu, leiteten Wasserdampf durch die bis auf den Boden reichende Röhre und erhitzen, nachdem die Flüssigkeit in ruhiges Sieden geraten war, noch durch eine untergestellte kleine Flamme, bis etwa die Hälfte der im Rundkolben vorhandenen Flüssigkeitsmenge übergegangen war. Die Dauer der Bestimmung betrug etwa 1½—2 Stunden. In üblicher Weise wurde durch Zurücktitrieren der nicht verbrauchten Schwefelsäure der als Ammoniak überdestillierte Stickstoff bestimmt.

Wir führen einige Belege an:

Harn ohne Salpeterzusatz:

5 ccm Harn. Ammoniakbestimmung: Verbraucht 7,4 ccm  $\frac{1}{10}$ -n- $H_2SO_4$ .

5 ccm Harn.  $NH_3$ -N und  $NO_3$ -N nach Devarda: 7,2 ccm  $\frac{1}{10}$ -n- $H_2SO_4$ .

Derselbe Harn:

5 ccm Harn + 0,0447 g N als Salpeter.

$NH_3$ -N und  $NO_3$ -N nach Devarda: Verbraucht: 38,5 ccm  $\frac{1}{10}$ -n- $H_2SO_4$ .

<sup>1)</sup> Diese Modifikation haben wir aus dem chemischen Institute in Marburg übernommen.

38,5 ccm	(NH <sub>3</sub> -N und NO <sub>3</sub> -N)
7,4	· (NH <sub>3</sub> -N)
31,1 ccm	(NO <sub>3</sub> -N).

Gefunden: 0,04357 g N (Salpeter-N).

Angewandt: 0,0447 g N (Salpeter-N).

Beispiel einer Bestimmung:

Hertha, Harn vom 24.—25. 9. 1912.

5 ccm Harn. Ammoniakbestimmung: Verbraucht 0,2 ccm  
<sup>1</sup>/<sub>10</sub>-n-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,0002802 g N.

Auf die Tagesmenge Harn und Waschwasser (1480 ccm)  
 berechnet: Gesamt-NH<sub>3</sub>-N = 0,1950 g N.

5 ccm Harn. NH<sub>3</sub>-N und NO<sub>3</sub>-N nach Devarda: Verbraucht  
 2,41 ccm <sup>1</sup>/<sub>10</sub>-n-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,00338 g N.

Auf die Tagesmenge Harn und Waschwasser (1480 ccm)  
 berechnet: Gesamt-NH<sub>3</sub>-N und NO<sub>3</sub>-N = 1,00048 g N.

$$\text{NH}_3\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} = 1,00048 \text{ g N}$$

$$\text{NH}_3\text{-N} = 0,19502 \text{ g N}$$

$$\text{NO}_3\text{-N} = 0,80546 \text{ g N.}$$

Der Hund erhielt 5 g Salpeter mit 0,823 g N.

Ausgeschieden: 0,805 g N.

Bei den weiteren Versuchen bedienten wir uns einer etwas einfacheren Methode. Es wurde zunächst im Harn der Gesamtstickstoff nach Kjeldahl bestimmt. In einer weiteren Harnmenge reduzierten wir den ausgeschiedenen Salpeter nach K. Ulsch<sup>1)</sup> mittels reduzierten Eisens (Ferrum hydrogenio reductum) und verbrannten nach erfolgter Reduktion nach Kjeldahl in der üblichen Weise mit Kaliumsulfat, Kupfersulfat und Schwefelsäure. Bezüglich des Ulschschen Verfahrens sei auf König, Untersuchungen von Nahrungs-, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen. Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, Band 3, Berlin 1910, S. 270 verwiesen. Wir verwandten 10 ccm Harn. Es empfiehlt sich jedoch, etwas weniger Eisen (ca. 2—3 g), als in der Originalmethode angegeben ist, zu nehmen, da sehr leicht durch das bei Anwendung von 5 g

<sup>1)</sup> K. Ulsch, Chem. Zentralblatt 1890, Bd. 2, S. 926, zitiert nach König.

Eisen erfolgende Austrocknen der aufgeschlossenen Masse ein Stickstoffverlust eintreten kann. Bei der Destillation des Ammoniaks, das aus dem Gesamtstickstoff und dem Salpeterstickstoff entstammt, setzten wir, um ganz sicher zu sein, daß aller Salpeterstickstoff reduziert worden ist, nochmals etwa 2 g Devardasche Legierung zu. Es ist dies auch sonst sehr vorteilhaft, da die Wasserstoffentwicklung ein Stoßen bei der Destillation verhindert. Ein Zusatz von Talcum ist nicht nötig.

Als wir die erwähnte Methode schon im Gebrauche hatten, erschien eine Arbeit von Berrár,<sup>1)</sup> der eine ähnliche Methode zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes einer Pikrinsäureleimfällung angibt. Nach vorheriger Reduktion mittels Eisenspänen und Essigsäure verbrennt Berrár nach Kjeldahl. Nach seinen Angaben gibt die Methode ebenfalls bei Anwesenheit von Eiweiß genaue Stickstoffwerte.

Belege zur Genauigkeit der benutzten Methode:

10 ccm Harn ohne Salpeterzusatz nach Kjeldahl verbrannt. Verbraucht: 15,40 ccm  $\frac{1}{10}$ -n- $H_2SO_4$ .

10 ccm vom gleichen Harn + 0,0447 g N als Salpeter nach Kjeldahl verbrannt. Verbraucht: 15,50 ccm  $\frac{1}{10}$ -n- $H_2SO_4$ .

10 ccm vom gleichen Harn + 0,0447 g N als Salpeter zuerst nach Ulsch reduziert und dann nach Kjeldahl verbrannt. Verbraucht: 46,6 ccm  $\frac{1}{10}$ -n- $H_2SO_4$ .

46,6 ccm (Kjeldahl-N und  $NO_3$ -N)

15,4 „ (Kjeldahl-N)

31,2 ccm ( $NO_3$ -N).

Gefunden: 0,0437 g N (Salpeter-N).

Angewandt: 0,0447 g N (Salpeter-N).

Wir wollen noch erwähnen, daß die Salpeterstickstoffbestimmungen im Harne ohne Zweifel noch exakter ausgefallen wären, wenn wir es nicht mit sehr verdünntem Harn zu tun gehabt hätten. Die kleinen Differenzen, die sich beim Vergleich der Gesamt-Salpeterstickstoff-Zufuhr und -Ausfuhr ergeben, sind sicher auf die erwähnte Fehlerquelle zurückzuführen.

<sup>1)</sup> Berrár, M., Beiträge zur Chemie und zur quantitativen Bestimmung des Leims. Biochem. Zeitschr., Bd. 47, S. 189—214 (1912).