

Über den Abbau einiger Aminosäuren und Peptide im Organismus des Hundes.

Von

Emil Abderhalden und Yutaka Teruuchi, Tokio.

(Aus dem I. chemischen Institut der Universität Berlin.)

(Der Redaktion zugegangen am 27. Januar 1906.)

Durch die synthetischen Arbeiten Emil Fischer's sind in den letzten Jahren eine große Anzahl verschiedenartiger Polypeptide bekannt geworden. Unter diesem Namen versteht Emil Fischer bekanntlich anhydridartig verkuppelte Aminosäuren, als deren einfachsten Vertreter wir das Glycyl-glycin $\text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{COOH}$ nennen können. Je mehr die Synthese fortschreitet, d. h. je mehr Aminosäuren zusammengefügt werden, umsomehr zeigen diese Produkte Eigenschaften, die lebhaft an das komplizierte Gemisch von Spaltungsprodukten erinnern, das wir als Peptone zu bezeichnen gewohnt sind. Die nahe Verwandtschaft der synthetisch dargestellten Polypeptide mit den Proteinen und ihren höheren Spaltungsprodukten ist vor allem auch durch ihr Verhalten gegen das proteolytische Pankreasferment klar erwiesen worden.¹⁾ Es schien uns wünschenswert, die Kette der biologischen Beweise der Eiweißnatur der Polypeptide durch direkte Fütterungsversuche zu erweitern. Der eine von uns hat bereits früher in Gemeinschaft mit Peter Bergell²⁾ nachgewiesen, daß beim Kaninchen der Abbau des einfachsten Peptides, des Glycyl-glycins, über das Glycocoll erfolgt. Durch ausgedehnte Fütterungsversuche mit Alanyl-

¹⁾ Emil Fischer und Emil Abderhalden, Über das Verhalten verschiedener Polypeptide gegen Pankreassaft und Magensaft. Diese Zeitschrift, Bd. XLVI, S. 52, 1905.

²⁾ Emil Abderhalden und Peter Bergell, Der Abbau der Peptide im Organismus. Diese Zeitschrift, Bd. XXXIX, S. 9, 1903.

cystin und Leucyl-cystin¹⁾ war nachgewiesen worden, daß ein Unterschied im Verhalten dieser beiden Peptide im Vergleich zum Cystin in den wesentlichsten Punkten nicht festzustellen war. Schließlich ist auch für das Glycyl-l-tyrosin²⁾ der Beweis erbracht worden, daß es im Hundeorganismus verbrennt. Es war nun von Interesse, festzustellen, ob die Peptide qualitativ und quantitativ in genau derselben Weise im tierischen Organismus abgebaut werden, wie die Eiweißkörper selbst, respektive die einfachsten Bausteine, die Aminosäuren. Wir wählten als Versuchstier den Hund, weil bei ihm bekanntlich der weitaus größte Teil des zugeführten Eiweißstickstoffs als Harnstoff im Harne wiedererscheint. Seit den Arbeiten von Schultzen und Nencki³⁾ u. A. wissen wir, daß der Stickstoff der Aminosäuren bei ihrer Einführung in den tierischen Organismus gleichfalls als Harnstoff ausgeschieden wird. Auch unsere Versuche mit Glycocoll und Alanin bestätigen diesen Befund. Es ließ sich nun zeigen, daß die Dipeptide Glycyl-glycin $\text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{CONH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ und Alanyl-alanin $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}(\text{CH}_3) \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}(\text{CH}_3) \cdot \text{COOH}$ in ganz derselben Weise abgebaut werden, wie die einfachen Aminosäuren. Beim Alanyl-alanin könnte man den Einwand erheben, daß dieses Dipeptid bereits im Darmkanal in die beiden Komponenten zerfällt, und diese zur Resorption gelangen. Können wir ihn für das Alanyl-alanin auch nicht entkräften, so muß nach den Resultaten der Versuche über die Spaltung verschiedener Peptide mit Pankreasferment doch für das Glycyl-glycin als sehr wahrscheinlich angenommen werden, daß dieses Peptid direkt zur Resorption gelangte und erst in den Geweben in seine

¹⁾ Emil Abderhalden und Franz Samuely, Das Verhalten von Cystin, Dialanycystin und Dileucyl-cystin im Organismus des Hundes. Diese Zeitschrift, Bd. XLVI, S. 187, 1905.

²⁾ Emil Abderhalden und Peter Rona, Das Verhalten des Glycyl-l-Tyrosins im Organismus des Hundes bei subkutaner Einführung. Diese Zeitschrift, Bd. XLVI, S. 176, 1905.

³⁾ O. Schultzen und M. Nencki, Die Vorstufen des Harnstoffs im Organismus. Berichte der Deutsch. chem. Gesellsch., Bd. II, S. 566, 1869 und Zeitschrift f. Biol., Bd. VIII, S. 124, 1872. — Vergl. von neueren Versuchen: W. H. Thompson, Die physiologische Wirkung von Pepton und dessen Bestandteilen. Der Stoffwechsel des Arginins, Journal of Physiol., Bd. XXXII, S. 137 und Bd. XXXIII, S. 106, 1905.

Komponenten zerfallen ist. Da das verfütterte Alanyl-alanin racemisch war, sind wir berechtigt, anzunehmen, daß es im Darmkanal nur zur Hälfte gespalten worden ist, und die ll-Verbindung gleichfalls erst jenseits des Darms oder doch in diesem selbst weiter abgebaut wurde. Ganz gleich verhielt sich das Tripeptid Diglycyl-glycin.

Diese Resultate zeigen, daß die untersuchten Peptide in derselben Weise im tierischen Organismus abgebaut werden, wie einerseits die Proteine und andererseits die einfachen Aminosäuren. Sie stützen die Ansicht, daß der Abbau der Proteine in den Geweben ein ganz ähnlicher ist, wie im Darmkanal, nur mit dem Unterschied, daß die Gewebsfermente auch Verbindungen zu lösen wissen, die dem Trypsin nicht zugänglich sind. Wir sind mit Versuchen nach dieser Richtung beschäftigt.

Wir haben endlich auch zwei Dipeptide, das Glycyl-glycin und das Alanyl-alanin, subkutan eingeführt. In diesem Fall tritt eine unzweifelhafte Erhöhung der Harnstoffausscheidung ein, zu gleicher Zeit wurde jedoch Stickstoff retiniert. Die Zahl dieser Versuche ist noch zu klein, um Schlüsse aus diesem Verhalten zu ziehen. Wir wollen hier erwähnen, daß der Hundeorganismus in seinen Geweben ganz offenbar wirksamere proteolytische Fermente besitzt, als z. B. das Kaninchen. Auch beim Abbau von racemischen Aminosäuren äußert sich dieser Unterschied. Beim Hund gelingt es wohl, durch Überschwemmung des Organismus mit dl-Alanin z. B. eine Ausscheidung an l-Alanin zu bewirken, aber seine Menge entspricht nicht annähernd der eingeführten Komponente.¹⁾ Beim Kaninchen wird jedoch fast nur die in der Natur vorkommende Komponente verbrannt, und die andere zum weitaus größten Teil ausgeschieden.²⁾ Wir zweifeln nicht daran, daß unsere Versuche über das Verhalten verschiedener Polypeptide im Organismus verschiedener Tierarten uns einen

¹⁾ A. Schittenhelm und A. Katzenstein: Verfütterung von i-Alanin am normalen Hunde. Zeitschrift für experimentelle Pathologie und Therapie, Bd. II, 1906.

²⁾ Vergl. J. Wohlgemuth, Über das Verhalten stereoisomerer Substanzen im tierischen Organismus. II. Die inaktiven Monoaminosäuren. Berichte der Deutsch. chem. Gesellsch., Bd. XXXVIII, S. 2064, 1905.

weiteren Einblick in die feineren Unterschiede im Ablauf des Zellstoffwechsels geben werden.

Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß in den Proteinen auch Diketopiperazine enthalten sind. Einstweilen liegt allerdings noch kein Beweis ihres Vorkommens vor, denn ihr Nachweis war stets so geführt, daß eine sekundäre Bildung nicht ausgeschlossen war. Wir haben zwei solcher Anhydride, das Glycinanhydrid und das Alaninanhydrid, per os verfüttert und beobachtet, daß ihr Stickstoff gleichfalls als Harnstoff im Harn wiedererscheint. Offenbar werden die Anhydride zunächst aufgespalten, in die entsprechenden Dipeptide übergeführt und nun abgebaut.

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die ausgedehnten Untersuchungen. Wir haben der Versuchsanordnung wenig beizufügen. Die Nahrung war stets dieselbe. Eine Ausnahme machte nur die Art des Fleisches. Anfangs erhielt das Tier fein gepulvertes Pferdefleisch. Nach einiger Zeit verweigerte der Versuchshund, der sein Futter sonst sehr begierig aufgefressen hatte, die Nahrungsaufnahme. Der Versuch, der sonst ohne jeden Zwischenfall verlaufen war, mußte abgebrochen werden. Bei seiner Fortführung ersetzten wir das Pferdefleisch durch Rindfleisch. An stickstofffreien Nahrungsstoffen erhielt der Hund pro die 50 g Reisstärke und 25 g Fett. Die Fütterung erfolgte in zwei Zeiten und zwar stets zu derselben Stunde. Die zu prüfenden Präparate mischten wir der Nahrung bei. Sie wurden stets ohne jede Schwierigkeiten aufgenommen.

Den Stickstoffgehalt des Harnes bestimmten wir nach Kjeldahl. Der Harnstoffgehalt wurde nach der Methode von Mörner-Sjöqvist¹⁾ ermittelt. Sie schließt bekanntlich insofern einen Fehler ein, als die so gewonnenen Harnstoffzahlen etwas zu hoch sind, indem auch andere stickstoffhaltige Verbindungen, wie z. B. die Hippursäure, mit bestimmt werden. Für unsere Zwecke war diese Fehlerquelle belanglos, schon aus dem Grunde, weil wir mit einem Hunde experimentierten, bei welchem bekanntlich diejenigen Verbindungen, die bei der Mörner-

¹⁾ Löbisch, Anleitung zur Harnanalyse, III. Aufl. 1893, S. 60.

Sjöqvist'schen Methode mitbestimmt werden, eine recht untergeordnete Rolle spielen. Man hätte daran denken können, daß bei den Versuchen, in denen Glycocolle verfüttert wurde, die auf die genannte Weise ermittelten Harnstoffwerte besonders unsichere seien. Wir haben natürlich Kontrollversuche ausgeführt, um über die Größe der begangenen Fehler orientiert zu sein. Wir verglichen an denselben Urinproben die mit der Mörner-Sjöqvist'schen Methode erhaltenen Werte mit den nach den Angaben von Braunstein¹⁾ festgestellten. Wir führen als Belege die folgenden Zahlen an und bemerken, daß größere Abweichungen nicht beobachtet wurden. Wir glauben, daß der Wert unserer Untersuchungen durch die uns wohl bekannte Fehlerquelle nicht beeinflusst wird. Wir haben es aus diesem Grunde unterlassen, die gefundenen Werte nach den Kontrollversuchen zu korrigieren.

Datum	Gesamt-N im Harn	Harnstoff-N		Differenz	Bemerkungen
		nach Mörner u. Sjöqvist	nach Braun- stein		
11./XII. 05	2,1630	1,9323	1,7448	0,1875	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Rindfleisch } 36,5 \text{ g} = \\ 2,0 \text{ g N usw.} \\ + \text{Glycocolle } 2,14 \text{ g} = \\ 0,4 \text{ g N per os.} \end{array} \right.$
12.	2,4304	2,1112	1,9936	0,1176	
Im Mittel	4,5934	4,0435	3,7384	0,3051	
	2,2967	2,0217	1,8692	0,1525	
15./XII. 05	2,1168	1,8592	1,6800	0,1792	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Rindfleisch } 36,5 \text{ g} = \\ 2,0 \text{ g N usw.} \\ + \text{Alanin } 2,54 \text{ g} = \\ 0,4 \text{ g N per os.} \end{array} \right.$
16.	2,3919	2,0806	1,9040	0,1766	
17.	2,4395	2,0468	1,8921	0,1547	
Im Mittel	6,9482	5,9866	5,4761	0,5105	
	2,3161	1,9955	1,8254	0,1701	

Bei der Darstellung der Peptide hielten wir uns an die Vorschriften von Emil Fischer. Das Glycinanhydrid²⁾ wurde aus Glycocollester gewonnen und dieses durch Aufspalten mit

¹⁾ A. Braunstein, Über die Harnstoffbestimmung im Harne. Diese Zeitschrift, Bd. XXXI, S. 381, 1901.

²⁾ Emil Fischer und Ernest Fourneau, Über einige Derivate des Glycocolle. Berichte der Deutsch. chem. Gesellsch., Bd. XXXIV, S. 2868, 1901.

Alkali in das Dipeptid Glycyl-glycin übergeführt. Am einfachsten erwies sich uns der folgende Weg. 5 g Glycinanhydrid wurden in 50 ccm Normalnatronlauge gelöst, 20 Minuten stehen gelassen und nun mit der entsprechenden Menge Normaljodwasserstoffsäure versetzt. Nach dem Eindampfen der Lösung unter vermindertem Druck ließ sich das gebildete Jodnatrium durch Auskochen mit absolutem Alkohol entfernen. Das Dipeptid blieb in schon recht reinem Zustande zurück und konnte durch Lösen in wenig heißem Wasser und Fällen mit absolutem Alkohol ganz rein erhalten werden.

Die Darstellung des Alanyl-alanins¹⁾ erfolgte in genau derselben Weise ebenfalls über das Alaninanhydrid. Das Diglycyl-glycin²⁾ $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{COOH}$ endlich wurde durch Kuppeln des Glycyl-glycins mit Chloracetylchlorid gewonnen. Das zunächst entstehende Reaktionsprodukt das Chloracetyl-glycyl-glycin ließ sich durch Lösen in 25%igem wässrigem Ammoniak nach kurzer Zeit in das gewünschte Tripeptid überführen.

Die Darstellung größerer Mengen von Peptiden ist nicht nur recht kostspielig, sondern auch bei sorgfältiger Ausführung der Synthesen recht zeitraubend. Uns kam es in erster Linie darauf an, mit möglichst reinen Materialien zu arbeiten und andererseits den Versuch so auszudehnen, daß wir vor Zufällen geschützt waren. Ein Blick auf die unten mitgeteilten Versuche beweist, wie notwendig eine Ausdehnung derartiger Untersuchungen auf eine längere Zeit ist. Unser Versuch zeigt manche Unregelmäßigkeiten, die wir zum Teil nicht erklären können. Wir verzichten vorläufig auf eine genauere Analyse der Einzelversuche, bis wir durch weitere Erfahrungen imstande sein werden, auf breiterer Grundlage zu entscheiden, inwiefern

¹⁾ Emil Fischer und Karl Kautzsch, Synthese v. Polypeptiden XII, Berichte der Deutsch. chem. Gesellschaft, Bd. XXXVIII, S. 2375, 1905.

²⁾ Emil Fischer, Synthese von Polypeptiden, Berichte d. Deutsch. chem. Gesellsch., Bd. XXXVI, S. 2982, 1903, Bd. XXXVII, S. 2486, 1904. Vgl. auch Emil Fischer, Synthese von Polypeptiden, IX, Chloride der Aminosäuren und ihrer Acylderivate. Ebenda Bd. XXXVIII, S. 605, 1905.

die beobachteten Schwankungen in der Stickstoff- und Harnstoffausscheidung nur von Äußerlichkeiten abhängen oder durch Verhältnisse bedingt sind, die von der Art des Verhaltens der einzelnen zugeführten Produkte abhängig sind.¹⁾

Wir ziehen aus unseren Versuchen den Schluß, daß der Stickstoff, der teils in Form von Aminosäuren — Glycocoll, Alanin —, teils in Form von Peptiden — Glycyl-glycin, Diglycyl-glycin — und ferner auch in Form von Diketopiperazinen — Glycinanhydrid, Alaninanhydrid — in den Organismus des Hundes eingeführt wurde, zum großen und zum Teil gewiß auch größten Teil als Harnstoff aus dem Stoffwechsel hervorging. Selbstverständlich kann man die Harnstoffvermehrung nach der Zufuhr dieser Produkte auch als eine indirekte auffassen. Das Gezwungene einer solchen Annahme liegt auf der Hand.

¹⁾ Der eine von uns ist in Gemeinschaft mit den Herren Dr. Samuely, Dr. Babkin und Dr. Rona damit beschäftigt, andere Peptide in ganz analoger Weise auf ihr Verhalten im Organismus des Hundes und des Kaninchens zu prüfen.
Emil Abderhalden.

Tabellen umstehend!

Tabelle

Datum	Harn- menge in ccm	Gesamt-N im Harn	Harn- stoff-N im Harn	Differenz zwischen Gesamt-N u. Harnstoff-N	Kot, trocken	Gesamt-N im Kote
20./X. 05	—	—	—	—	—	—
21.	—	—	—	—	—	—
22.	140	1,6560	—	—	} 15,0	0,2402
23.	125	1,8632	—	—		0,2402
24.	130	2,0510	—	—		0,2402
Im Mittel		5,5702	—	—		0,7206
		1,8567	—	—		0,2402
25.	155	1,8401	1,6472	0,1929	} 27,0	0,2284
26.	145	1,8800	1,6325	0,2475		0,2284
27.	180	1,9123	1,6321	0,2802		0,2284
28.	180	1,9396	1,6000	0,2396		0,2284
29.	150	1,9767	1,6327	0,3440		0,2284
30.	185	2,0190	1,6179	0,4011		0,2284
Im Mittel		11,4667	9,7624	1,7043		1,3703
		1,9111	1,6271	0,2840		0,2284
31.	155	2,5224	2,2667	0,2557	} 12,0	0,1216
1./XI. 05	175	2,7518	2,4297	0,3221		0,1216
2.	140	2,4226	2,1638	0,2588		0,1216
Im Mittel		7,6968	6,8602	0,8366		0,3648
		2,5656	2,2867	0,2789		0,1216
3.	150	1,8704	1,6688	0,2016	} 15,0	0,3258
4.	175	1,7338	1,5366	0,1972		0,3258
Im Mittel		3,6042	3,2054	0,3988		0,6517
		1,8021	1,6027	0,1994		0,3258
5.	185	2,5270	2,3142	0,2128	} 13,0	0,1546
6.	235	2,1252	1,9320	0,1932		0,1546
7.	150	2,5989	2,2814	0,3175		0,1546
8.	180	2,5607	2,2805	0,2802		0,1546
Im Mittel		9,8118	8,8081	1,0037		0,6183
		2,4529	2,2020	0,2509		0,1546

I.

Gesamt-N		Stickstoffbilanz	Körpergewicht	Bemerkungen
Ausgeschieden	Aufgenommen			
—	—	—	—	Hungern.
—	—	—	4180	
1,8962	2,0	+ 0,1038	4270	{ Pferdefleischpulver 37,8 g = 2,0 g N Reissstärke 50 » Fett 25 »
2,1034	2,0	— 0,1034	4200	
2,2912	2,0	— 0,2912	4185	
6,2908	6,0	— 0,2908		
2,0969	2,0	— 0,0969		
2,0685	2,0	— 0,0685	4200	Pferdefleischpulver 37,8 g usw. (Normaltag)
2,1084	2,0	— 0,1084	4210	
2,1407	2,0	— 0,1407	4210	
2,0680	2,0	— 0,0680	4170	
2,2051	2,0	— 0,2051	4190	
2,2474	2,0	— 0,2474	4185	
12,8370	12,0	— 0,8370		
2,1395	2,0	— 0,1395		
2,6440	2,4	— 0,2440	4170	{ Pferdefleischpulver 37,8 g usw. + mit 2,14 g Glycocoll ($C_2H_5NO_2$) gefüttert = 0,4 g N
2,8734	2,4	— 0,4734	4140	
2,5442	2,4	— 0,1442	4160	
8,0616	7,2	— 0,8616		
2,6872	2,4	— 0,2872		
2,1962	2,0	— 0,1962	4190	Pferdefleischpulver 27,0 g = 2,0 g N usw. (Normaltag)
2,0596	2,0	— 0,0596	4200	
4,2558	4,0	— 0,2558		
2,1279	2,0	— 0,1279		
2,6816	2,4	— 0,2816	4225	{ Pferdefleischpulver 27,0 g usw. + mit 1,89 g Glycyl-glycin ($C_4H_8N_2O_3$) gefüttert = 0,4 g N
2,2798	2,4	+ 0,1202	4200	
2,7535	2,4	— 0,3535	4210	
2,7153	2,4	— 0,3153	4200	
10,4302	9,6	— 0,8301		
2,6075	2,4	— 0,2075		

Tabelle

Datum	Harn- menge in ccm	Gesamt-N im Harn	Harn- stoff-N im Harn	Differenz zwischen Gesamt-N u. Harnstoff-N	Kot trocken	Gesamt-N im Kote
22./XI. 05	100	2,6399	2,3806	0,2593	} 8,0	0,1856
23.	170	2,0256	1,7326	0,2930		0,1856
Im Mittel		4,6655	4,1132	0,5523		0,3713
		2,3327	2,0566	0,2761		0,1856
24.	200	2,3940	2,1140	0,2800	} 14,0	0,1707
25.	160	2,0300	1,8260	0,2040		0,1707
26.	185	2,5189	2,2132	0,3057		0,1707
27.	150	2,4785	2,2260	0,2525		0,1707
Im Mittel		9,4214	8,3792	1,0422		0,6830
		2,3553	2,0948	0,2605		0,1707
28.	150	2,0650	1,7780	0,2870	} 4,0	0,1002
29.	165	2,2341	1,8806	0,3535		0,1002
Im Mittel		4,2991	3,6586	0,6405		0,2005
		2,1495	1,8293	0,3202		0,1002
30.	120	2,0098	1,8197	0,1901	} 12,0	0,1479
1./XII. 05	150	2,2848	1,9600	0,3248		0,1479
2.	135	2,4347	2,1743	0,2604		0,1479
3.	135	2,1658	1,8874	0,2784		0,1479
Im Mittel		8,8951	7,8414	1,0537		0,5917
		2,2238	1,9603	0,2636		0,1479
4.	75	2,0832	1,8488	0,2344	} 1,5	0,0808
5.	75	2,0479	1,8289	0,2190		0,0808
Im Mittel		4,1311	3,6777	0,4534		0,1617
		2,0655	1,8388	0,2267		0,0808
6.	110	2,3520	2,1980	0,1540	} 13,0	0,1547
7.	110	1,9639	1,8110	0,1529		0,1547
8.	110	2,4422	2,3049	0,1373		0,1547
9.	115	2,3425	2,1846	0,1579		0,1547
Im Mittel		9,1006	8,4985	0,6021		0,6188
		2,2751	2,1246	0,1505		0,1547

II.

Gesamt-N		Stickstoffbilanz	Körpergewicht	Bemerkungen
Ausgeschieden	Aufgenommen			
2,8255	2,0	— 0,8255	4140	Seit dem 15./XI. freigelassen, und den 21./XI. hungern.
2,2112	2,0	— 0,2112	4140	
5,0367	4,0	— 1,0367		{ Rindfleischpulver 41,0 g = 2,0 g N usw. (Normaltag)
2,5183	2,0	— 0,5183		
2,5647	2,4	— 0,1647	4135	{ Rindfleischpulver 41,0 g usw. + mit 1,80 g Diglycyl-glycin (C ₆ H ₁₁ N ₃ O ₄) gefüttert = 0,4 g N
2,2007	2,4	+ 0,1993	4110	
2,6896	2,4	— 0,2896	4070	
2,6492	2,4	— 0,2492	4090	
10,1044	9,6	— 0,5044		
2,5261	2,4	— 0,1261		
2,1625	2,0	— 0,1652	4080	{ Rindfleischpulver 41,0 g usw. (Normaltag)
2,3343	2,0	— 0,3343	4100	
4,4996	4,0	— 0,4996		
2,2498	2,0	— 0,2498		
2,1577	2,4	+ 0,2423	4080	{ Rindfleischpulver 41,0 g usw. + mit 1,63 g Glycinanhydrid (C ₄ H ₆ N ₂ O ₂) gefüttert = 0,4 g N
2,4327	2,4	— 0,0327	4050	
2,5826	2,4	— 0,1826	4050	
2,3137	2,4	+ 0,0863	4030	
9,4868	9,6	+ 0,1132		
2,3717	2,4	+ 0,0283		
2,1640	2,0	— 0,1640	4030	{ Rindfleischpulver 41,0 g usw. (Normaltag)
2,1287	2,0	— 0,1297	4040	
4,2927	4,0	— 0,2927		
2,1463	2,0	— 0,1463		
2,5067	2,4	— 0,1067	4035	{ Rindfleischpulver 41,0 g usw. + mit 2,03 g Alaninanhydrid (C ₆ H ₁₀ N ₂ O ₂) gefüttert = 0,4 g N.
2,1186	2,4	+ 0,2814	4020	
2,5969	2,4	— 0,1969	4025	
2,4972	2,4	— 0,0972	4030	
9,7194	9,6	— 0,1194		
2,4298	2,4	— 0,0298		

Tabelle

Datum	Harn- menge in ccm	Gesamt-N im Harn	Harn- stoff-N im Harn	Differenz zwischen Gesamt-N u. Harnstoff-N	Kot trocken	Gesamt-N im Kote
13./XII. 05	90	1,8682	1,6128	0,2554	} 7,5	0,1550
14.	120	2,0675	—	—		0,1550
Im Mittel		3,9357	—	—		0,3100
		1,9678	1,6128	0,2554		0,1550
15.	90	2,1168	1,8592	0,2576	} 7,0	0,1165
16.	90	2,3919	2,0806	0,3113		0,1165
17.	100	2,4395	2,0468	0,3927		0,1165
Im Mittel		6,9482	5,9866	0,9616		0,3495
		2,3161	1,9955	0,3205		0,1165
18.	90	1,9397	1,6660	0,2737	} 4,0	0,0920
19.	90	1,8480	1,6800	0,1680		0,0920
Im Mittel		3,7877	3,3460	0,4417		0,1841
		1,8939	1,6730	0,2208		0,0920
20.	85	2,4010	2,0286	0,3724	} 7,0	0,1069
21.	95	2,4293	2,1672	0,2621		0,1069
22.	70	2,1437	1,7494	0,3943		0,1069
Im Mittel		6,9740	5,9452	1,0288		0,3209
		2,3247	1,9817	0,3429		0,1069
23.	90	1,8434	1,6062	0,2372	} 5,0	0,1136
24.	90	1,7640	1,4602	0,3038		0,1136
Im Mittel		3,6074	3,0664	0,5410		0,2272
		1,8037	1,5332	0,2705		0,1136
25.	80	2,1000	1,7115	0,3885	} 3,7	0,0736
26.	80	2,0355	1,6790	0,3565		0,0736
Im Mittel		4,1355	3,3905	0,7450		0,1472
		2,0777	1,6952	0,3725		0,0736
27.	80	1,9000	1,5428	0,3572	} 6,2	0,1366
28.	70	1,7217	1,4207	0,3010		0,1366
Im Mittel		3,6217	2,9635	0,6582		0,2732
		1,8108	1,4817	0,3291		0,1366
29.	70	2,0092	1,6486	0,3606	} 3,0	0,0964
30.	100	2,1896	1,8678	0,3218		0,0964
Im Mittel		4,1988	3,5164	0,6824		0,1388
		2,0994	1,7582	0,3412		0,0964

III.

Gesamt-N		Stickstoffbilanz	Körpergewicht	Bemerkungen
Ausgeschieden	Aufgenommen			
2,0232	2,0	− 0,0232	4040	{ Rindfleischpulver 36,5 g = 2,0 g N usw. (Normaltag)
2,2225	2,0	− 0,2225	4010	
4,2457	4,0	− 0,2457		
2,1228	2,0	− 0,1228		
2,2333	2,4	+ 0,1667	4025	{ Rindfleischpulver 36,5 g usw. + mit 2,54 g Alanin (C ₆ H ₇ NO ₂) gefüttert = 0,4 g N
2,5084	2,4	− 0,1084	4030	
2,5560	2,4	− 0,1560	4025	
7,2977	7,2	− 0,0977		
2,4326	2,4	− 0,0326		
2,0317	2,0	− 0,0317	4040	{ Rindfleischpulver 37,5 g usw. (Normaltag)
1,9400	2,0	+ 0,0600	4040	
3,9717	4,0	+ 0,0283		
1,9858	2,0	+ 0,0142		
2,5079	2,4	− 0,1079	4050	{ Rindfleischpulver 36,5 g usw. + mit 2,29 g Alanin-alanin (C ₆ H ₁₂ N ₂ O ₈) gefüttert = 0,4 g N
2,5362	2,4	− 0,1362	4060	
2,2506	2,4	+ 0,1494	4070	
7,2949	7,2	− 0,0949		
2,4316	2,4	− 0,0316		
1,9570	2,0	+ 0,0430	4080	{ Rindfleischpulver 37,0 g = 2,0 g N usw. (Normaltag)
1,8776	2,0	+ 0,1224	4070	
3,8346	4,0	+ 0,1654		
1,9173	2,0	+ 0,0827		
2,1736	2,4	+ 0,2264	4085	{ Rindfleischpulver 37,0 g usw. + 1,89 g Glycyl-glycin subkutan einverleibt
2,1091	2,4	+ 0,2909	4120	
4,2827	4,8	+ 0,5173		
2,1413	2,4	+ 0,2587		
2,0366	2,0	− 0,0366	4110	{ Rindfleischpulver 37,0 g usw. (Normaltag)
1,8583	2,0	+ 0,1417	4130	
3,8949	4,0	+ 0,1051		
1,9474	2,0	+ 0,0526		
2,0786	2,4	+ 0,3214	4150	{ Rindfleischpulver 37,0 g usw. + 2,29 g Alanin-alanin subkutan einverleibt.
2,2590	2,4	+ 0,1410	4140	
4,3376	4,8	+ 0,4624		
2,1688	2,4	+ 0,2312		

Tabelle IV.
Zusammenstellung der Mittelwerte:

Datum	Gesamt-N im Harn	Harn- stoff-N im Harn	Differenz zwischen Gesamt-N und Harnstoff-N	Gesamt-N im Kote	Gesamt-N		Stickstoff- bilanz	Bemerkungen
					Ausge- schieden	Aufge- nommen		
25./X. — 30./X. 05	1,9111	1,6271	0,2840	0,2284	2,1395	2,0	— 0,1395	Normaltag
31./X. — 2./XI.	2,5656	2,2867	0,2789	0,1216	2,6872	2,4	— 0,2872	Glycocol per os
3./XI. u. 4./XI.	1,8021	1,6027	0,1994	0,3268	2,1279	2,0	— 0,1279	Normaltag
5./XI. — 8./XI.	2,4629	2,2020	0,2609	0,1546	2,6075	2,4	— 0,2075	Glycyl-glycin per os
22./XI. u. 23./XI.	2,3327	2,0566	0,2761	0,1866	2,5183	2,0	— 0,5183 ¹⁾	Normaltag
24./XI. — 27./XI.	2,3553	2,0948	0,2605	0,1707	2,5261	2,4	— 0,1261	Diglycyl-glycin per os
28./XI. u. 29./XI.	2,1495	1,8293	0,3202	0,1002	2,2498	2,0	— 0,2498	Normaltag
30./XI. — 3./XII.	2,2238	1,9603	0,2636	0,1479	2,3717	2,4	— 0,0283	Glycinanhydrid per os
4./XII. u. 5./XII.	2,0655	1,8388	0,2267	0,0808	2,1463	2,0	— 0,1463	Normaltag
6./XII. — 9./XII.	2,2751	2,1246	0,1505	0,1549	2,4298	2,4	— 0,0298	Alaninhydrid per os
13./XII. u. 14./XII.	1,9678	1,6128	0,2554	0,1550	2,1228	2,0	— 0,1228	Normaltag
15./XII. — 17./XII.	2,3161	1,9955	0,3205	0,1165	2,4326	2,4	— 0,0326	Alanin per os
18./XII. u. 19./XII.	1,8939	1,6730	0,2208	0,0920	1,9858	2,0	+ 0,0142	Normaltag
20./XII. — 22./XII.	2,3247	1,9817	0,3429	0,1069	2,4316	2,4	— 0,0316	Alanyl-alanin per os
23./XII. u. 24./XII.	1,8057	1,5332	0,2705	0,1136	1,9173	2,0	+ 0,0827	Normaltag
25./XII. u. 26./XII.	2,0777	1,6952	0,3725	0,0736	2,1413	2,4	+ 0,2587	Glycyl-glycin subkutan
27./XII. u. 28./XII.	1,8108	1,4817	0,3291	0,1366	1,9474	2,0	+ 0,0526	Normaltag
29./XII. u. 30./XII.	2,0994	1,7582	0,3412	0,0694	2,1688	2,4	+ 0,2312	Alanyl-alanin subkutan

¹⁾ Hier war der Versuch unterbrochen gewesen, weil der Hund die Aufnahme der Nahrung verweigerte. Er erholte sich bald wieder.