

Ueber den Einfluss der Nahrung auf die Zusammensetzung der Blutasche.

Von

Dr. Karl Landsteiner.

(Aus dem Laboratorium für medicinische Chemie in Wien.)

(Der Redaction zugegangen am 2. August 1891.)

Um zu erfahren, ob eine Variation der Nahrung Veränderungen des Blutes in Bezug auf seine anorganischen Bestandtheile herbeiführe, machte Verdeil¹⁾ folgenden Versuch: Er fütterte einen Hund 18 Tage hindurch mit Fleisch, hierauf weitere 18 Tage mit Brod und Kartoffeln und entnahm nach jeder der beiden Fütterungsperioden eine Blutprobe, deren Asche er analysirte. Die Resultate der Analysen interpretirt Verdeil auf folgende Weise: «.... das Wichtigste indessen ist hiervon unabhängig, dass nämlich die Salze des Blutes je nach der Nahrung wechseln, und zwar mit grosser Schnelligkeit. Dieses geht deutlich durch Vergleich der Zusammensetzung der Blutasche desselben Hundes hervor, der zu verschiedenen Zeiten ein anderes Futter erhielt. In der That, ob der Mensch Gemüse, Fleisch oder Brod geniesst, so wird sich immer Fibrin und Albumin bilden, aber durch eine mehrere Tage fortgesetzte Nahrung von Gemüse, Kartoffeln etc. werden in dem Blut die Salze vollständig wechseln, an der Stelle von phosphorsauren Alkalien, die vorher in grosser Menge vorhanden waren, wird man kohlensaure Salze finden.» Dieser Anschauung pflichtet Gorup-Besanez²⁾ bei, indem er sagt: «.... dass die Blutasche eines und des-

¹⁾ F. Verdeil, Untersuch. der Blutasche verschiedener Thiere. Liebig's Ann., 1849, Bd. 69, S. 89.

²⁾ Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie, Braunschweig 1874, S. 361.

selben Thieres in ihrer Zusammensetzung erhebliche Verschiedenheiten zeigen kann, dass aber letztere vorzugsweise durch die Art der Nahrung in constanter Weise beeinflusst werden.» Auch Bunge¹⁾ hält es auf Grund des Versuches von Verdeil²⁾ und einer Analyse von Kemmerich³⁾ für wahrscheinlich, dass «das mit der Nahrung aufgenommene Kali aus den Körperchen des Blutes das Natron verdrängen und dasselbe ersetzen kann, dem Plasma dagegen das Natron wohl zum Theil entziehen, nicht aber ersetzen kann.»

Diesen Annahmen zufolge müsste es als ein verfehltes Unternehmen erscheinen, die Asche eines Thieres oder seiner Organe zu untersuchen, ohne seine Ernährungsweise auf das Sorgfältigste zu berücksichtigen. Denn wenn auch nicht anzunehmen war, dass die Zusammensetzung der Asche bei allen Thierarten innerhalb der gleichen Grenzen mit der Nahrung zu schwanken im Stande sei, hätte man sich doch bei der Analyse der Blutasche von verschiedenen, in Bezug auf die Nahrung unbeeinflussten Individuen einer Species auf sehr bunte Resultate gefasst zu machen gehabt. In Wirklichkeit steht die Sache aber anders.

Jarisch⁴⁾ untersuchte die Blutaschen von 4 Menschen, 4 Hunden, 2 Pferden und 2 Rindern, die vorher eine ganz beliebige Nahrung zu sich genommen hatten, und es stellte sich heraus, dass die analytischen Resultate bei der gleichen Thierart ohne Ausnahme unter einander gut übereinstimmten, hingegen bei den verschiedenen Species ganz bedeutende Differenzen aufwiesen. Demzufolge muss es als fraglich erscheinen, ob man im Stande ist, durch veränderte Nahrungszufuhr einem Thiere beispielsweise grosse Quantitäten Natrium zu entziehen und dafür Kalium einzuführen, oder es auf ähnlichem Wege eines grossen Theiles seiner phosphorsauren Salze

¹⁾ G. Bunge, Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XII, S. 191.

²⁾ Verdeil, l. c.

³⁾ E. Kemmerich, Untersuch. über die Wirk. der Fleischbrühe. Pflüger's Archiv, 1869, Bd. 2, S. 85.

⁴⁾ Wiener medic. Jahrbücher, 1871, S. 435. 1877, S. 1.

zu berauben. Ich stellte daher einen Fütterungsversuch an, der zwischen beiden Möglichkeiten entscheiden sollte¹⁾. Falls er positiv ausfiel, waren auch Aufschlüsse über den Umfang des Salzaustausches und über die Mengenverhältnisse, in welchen sich die Salze gegenseitig vertreten können, zu erwarten. Ich nahm also eine Anzahl noch nicht erwachsener Kaninchen (30 Stück) und fütterte die Hälfte von ihnen mit Kuhmilch, die andere Hälfte mit Wiesenheu; dabei war dafür gesorgt (Boden und Wände des Stalles bestanden aus Ziegeln), dass die Thiere nicht etwa anderweitige Stoffe (Sand, Holz etc.) verzehren konnten. Die Fütterung wurde gleichmässig 3 $\frac{1}{2}$ Monate lang fortgesetzt. Von den Thieren beider Kategorien gingen anfänglich eine grössere Anzahl zu Grunde, die übrig bleibenden hingegen wurden sehr kräftig, hatten glänzendes Fell und waren anscheinend vollkommen gesund. Am Ende der Versuchszeit wurde den Thieren so viel Blut als möglich mittels einer in die a. carotis eingebundenen Canüle entzogen und in gewogenen Gefässen aufgefangen. Es schien mir das Blut für eine principielle Entscheidung ein günstigeres Untersuchungsobject zu sein, als die ganzen Thiere, da hier Verschiedenheiten in der Ausbildung der einzelnen Organe die Resultate zu compliciren vermochten.

Die Analyse der Asche wurde nach der von Jarisch²⁾ beschriebenen Methode vorgenommen. Die Veraschung geschah in Platinschalen, die über dem Wiesnegg'schen Ofen sehr vorsichtig, nicht bis zur Rothgluth erhitzt wurden. Die zur Ermittlung der Phosphorsäure bestimmte Portion des löslichen Theiles der Asche wurde mehrere Stunden lang am Wasserbad mit Salzsäure behandelt, um vorhandene Pyrophosphate in orthophosphorsaure Salze überzuführen. Der unlösliche Theil der Asche wurde, nachdem er schon gewogen

¹⁾ G. Bunge stellt in «Der Kali-, Natron- und Chlorgehalt der Milch» etc., Zeitschr. f. Biologie, Bd. X, S. 324, ähnliche Versuche in Aussicht, war aber auf eine Anfrage meinerseits so freundlich, mir die Bearbeitung des Themas frei zu stellen.

²⁾ L. c.

war, jedesmal noch mit heissem Wasser so lange behandelt, als eine erhebliche Gewichtsabnahme zu bemerken war. Der in Lösung gegangene Theil wurde dann mit der übrigen wässerigen Lösung vereinigt. Die für Chlor gefundenen Zahlen dürften, weil die Veraschung ohne Zusatz von Natriumcarbonat stattfand, nach Adlerskron¹⁾ und Bunge²⁾ etwas zu klein sein. Allerdings habe ich bei mehreren, mit und ohne Zusatz von Alkalien und bei sehr gelinder Hitze ausgeführten, Veraschungen von Blut den Verlust an Chlor noch beträchtlich geringer gefunden als die eben citirten Autoren. Die Werthe für die Schwefelsäure sind nur der Controle halber aufgenommen. In 4 Analysen ergaben:

I. 76,05 Blut	0,6679 lösl. Asche,
	0,0926 unlösl. Asche,
	<hr/> 0,7605 Gesamttasche.

Der lösl. Theil enthielt:		Der unlösl. Theil enthielt:	
K ₂ O	0,1217	Fe ₂ O ₃	0,045
Na ₂ O	0,2446	CaO	0,012
Cl	0,2029	MgO	0,0047
P ₂ O ₅	0,0760	P ₂ O ₅	0,0201
SO ₃	0,0835		<hr/> 0,0818
	<hr/> 0,7287		
— O ³⁾	0,0457		
	<hr/> 0,6830		

II. 67,68 Blut	0,5589 lösl. Asche,
	0,0989 unlösl. Asche,
	<hr/> 0,6578 Gesamttasche.

Der lösl. Theil enthielt:		Der unlösl. Theil enthielt:	
K ₂ O	0,1190	Fe ₂ O ₃	0,0436
Na ₂ O	0,1843	CaO	0,0075
Cl	0,1691	MgO	0,0021
P ₂ O ₅	0,0332	P ₂ O ₅	0,0323
SO ₃	0,0824		<hr/> 0,0855
	<hr/> 0,5880		
— O	0,0352		
	<hr/> 0,5528		

¹⁾ Behaghel von Adlerskron, Ueber die Bestimmung des Chlors etc., Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. 12, S. 390, 1873.

²⁾ Bunge, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 10, S. 295, und Liebig's Ann., Bd. 172, S. 16, 1874.

³⁾ Die dem Chlor äquivalente Sauerstoffmenge.

III. 75,2 Blut

0,6509 lösl. Asche,
 0,1069 unlösl. Asche,
 0,7578 Gesamtasche.

Der lösl. Theil enthielt:		Der unlösl. Theil enthielt:	
K ₂ O	0,1415	Fe ₂ O ₃	0,0553
Na ₂ O	0,2080	CaO	0,0048
Cl	0,1964	MgO	0,0043
P ₂ O ₅	0,0599	P ₂ O ₅	0,0306
SO ₃	0,0905		0,0950
	<hr/>		
	0,6963		
— O	0,0443		
	<hr/>		
	0,6520		

IV. 45,72 Blut

0,4527 lösl. Asche,
 0,0618 unlösl. Asche,
 0,5145 Gesamtasche.

Der lösl. Theil enthielt:		Der unlösl. Theil enthielt:	
K ₂ O	0,0909	Fe ₂ O ₃	0,030
Na ₂ O	0,1416	CaO	0,007
Cl	0,1189	MgO	0,0038
P ₂ O ₅	0,0484	P ₂ O ₅	0,020
SO ₃	0,0868		0,0608
	<hr/>		
	0,4866		
— O	0,0268		
	<hr/>		
	0,4598		

Ausgedrückt in Procenten des Blutes enthielten:

	Heufütterung.		Milchfütterung.	
	I.	II.	III.	IV.
K ₂ O	0,1600	0,1760	0,1882	0,1988
Na ₂ O	0,3216	0,2733	0,2766	0,3097
Fe ₂ O ₃	0,0591	0,0644	0,0735	0,0656
CaO	0,0158	0,0111	0,0064	0,0153
MgO	0,0062	0,0031	0,0057	0,0083
Cl	0,2668	0,2499	0,2612	0,2601
P ₂ O ₅	0,1264	0,0968	0,1203	0,1496
Na ₂ O				
<hr/> K ₂ O	2,0098	1,5488	1,4699	1,5577

An die Thiere III und IV wurde Kuhmilch verfüttert, welche mit Schlempe, Bierträbern und Grünfütter genährten Kühen entstammt. Nach Analysen von Bunge¹⁾ ist das Verhältniss der

¹⁾ Bunge. Der Kali-, Natron- und Chlorgehalt. I. c.
 Zeitschrift für physiologische Chemie. XVI.

Alkalien in der Kuhmilch ein derartiges, dass auf 1 Aequivalent Na_2O 0,783—3,77 Aequivalente K_2O entfallen. Zahlen, welche sich der bezeichneten oberen Grenze nähern, kommen übrigens in einer Reihe Bunge'scher Analysen nur selten vor. In dem Heu, der Nahrung der Thiere III und IV, bestimmte ich das Verhältniss von $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ in einer Durchschnittsprobe wie 1 : 9,6 Aequival. Es nahmen also während der 3 $\frac{1}{2}$ monatlichen Dauer des Versuches die beiden Gruppen von Thieren Kali und Natron in sehr differenten Mengen zu sich. Vergleicht man aber den $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ -Quotienten im Blut mit dem gleichen Quotienten in der Nahrung des betreffenden Thieres, so lässt sich durchaus kein Parallelismus dieser beiden Verhältnisse constatiren. Auffallend ist bei dem Thier I mit kalireichem Futter der niedrige Kaligehalt des Blutes; das hängt wohl damit zusammen, dass dieses Blut wenig Eisen und dementsprechend wenig Hämoglobin enthält und dass es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Menge der Alkalisalze in den Körperchen (die Körperchen enthalten vornehmlich Kali) mit den übrigen festen Bestandtheilen der rothen Blutzellen steigt und fällt. Am besten lassen sich die Analysen II und IV vergleichen. Aus ihnen kann man des nahe übereinstimmenden Eisengehaltes und des in beiden Fällen ähnlichen $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ -Verhältnisses wegen wohl mit einiger Berechtigung schliessen, dass sich auch in den Blutkörperchen an dem Verhältniss der beiden Alkalien nichts geändert habe.

Weitere Analysen habe ich nicht unternommen, weil ich glaube, dass es bei einer vollständigen Ausarbeitung der Sache nützlicher wäre, neue Variationen der Versuchsbedingungen einzuführen. Was die Verdeil'sche Untersuchung betrifft, so hat Jarisch¹⁾ auf die vermuthliche Fehlerhaftigkeit seiner Hundebloodanalyse hingewiesen, und es wäre noch dazuzufügen, dass zur Zeit der Phosphorsäurebestimmungen von Verdeil die ätherlösliche Phosphorsäure und die phosphorsauren Salze mit einander bestimmt werden mussten, daher die Schlüsse, die sich auf die letzteren beziehen, nicht einwandfrei sind. In der

¹⁾ L. c.

Untersuchung von Kemmerich¹⁾ aber findet sich überhaupt nur eine Alkalienbestimmung im Blutserum eines mit Kalisalzen gefütterten Hundes und keine Vergleichsanalysen von normalem Hundebutserum. Ich glaube daher, dass man, auf Grund des vorliegenden Materials, keine Veranlassung hat, den oben angeführten Ansichten von Verdeil und Gorup-Besanez zuzustimmen, dass vielmehr bis jetzt anzunehmen ist, dass nicht die Zufuhr der mineralischen Stoffe über ihre Einverleibung in den Organismus entscheidet, sondern dass der Thierkörper die ihm gewöhnlich reichlich dargebotenen Salze, wenn dieser Ausdruck erlaubt ist, nach Bedarf in seinen Bestand aufnimmt oder ausscheidet, ebenso wie im Allgemeinen die übrigen ihm zugeführten Stoffe. Ob sich nicht zur Erklärung der merkwürdigen Verschiedenheiten der Blutasche bei den einzelnen Thierarten der Einfluss der Nahrung während sehr langer Zeitperioden heranziehen lässt, ist eine zweite Frage, die sich durch Vergleich von Aschenanalysen bei habituellen Fleisch- und Pflanzenfressern beantworten liesse. Doch scheinen dazu die vorliegenden Beobachtungen nicht zahlreich genug zu sein. Auffallend sind in dieser Hinsicht Thatsachen, wie z. B. der sehr geringe Kaligehalt der Blutkörperchen des Rindes (Bunge, Jarisch). Jedenfalls gibt es noch andere bedeutsame Ursachen für die Bevorzugung bald des einen, bald des anderen Salzes durch scheinbar analoge Zellen verschiedener Thierarten, die wohl einerseits mit Verschiedenheiten dieser Zellen an sich, andererseits mit Differenzen in Beschaffenheit und Function aller übrigen Organe eines Thieres zusammenhängen.

¹⁾ L. c.
