

Ueber das Verhalten der Kalisalze im Blute

von G. Bunge.

(Der Redaktion zugegangen am 15. Januar.)

In einer früheren Mittheilung ¹⁾ hatte ich zur Erklärung der durch meine Versuche festgestellten Thatsachen die folgende Hypothese über das Verhalten der Kalisalze im Blute aufgestellt:

Wenn die aus der Nahrung in's Blut resorbirte Kalimenge so gross ist, oder die Resorption so rasch vor sich geht, dass die Ausscheidung durch die Nieren mit ihr nicht gleichen Schritt halten kann, wird ein Theil der Kalisalze von den Blutkörperchen gebunden, um später allmähig (in den Nierencapillaren?) wieder der Zwischenflüssigkeit zurückgegeben und ausgeschieden zu werden.

Eine Ansammlung von Kalisalzen im Plasma wäre dem Organismus gefährlich, weil die Kalisalze auf die Muskeln und Nerven als heftiges Gift wirken. — Ich dachte mir also, dass die Blutkörperchen die Muskeln und Nerven vor der Kalivergiftung schützen. — Durch die vorliegende Untersuchung sollte die Richtigkeit dieser Hypothese geprüft werden.

Falls nämlich den Blutkörperchen die hypothetisch angenommene Eigenschaft wirklich zukäme, so wäre es möglich, dass sie dieselbe auch ausserhalb des Organismus bewahren. — Wir wissen ja, dass das Blut andere wichtige Lebensfunktionen noch längere Zeit nach Entfernung aus den lebenden Gefässen beibehält: die Funktionen beim respiratorischen Gasaustausch, die amöboiden Bewegungen der farblosen Zellen, die Funktionen bei der Synthese der Hippursäure ²⁾ etc. Es erschien daher denkbar und möglich, durch

¹⁾ Z. f. Biol. 1873. IX., 129.

²⁾ Conf. Bunge u. Schmiedeberg. Ueb. d. Bild. d. Hippursäure. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmak. 1876. VI. 250–255.

Versuche ausserhalb des Organismus die Richtigkeit der obigen Hypothese zu prüfen. Es sollte defibrirtes Blut mit einer Lösung von Kalisalzen versetzt und durch Analyse der so entstehenden Zwischenflüssigkeit einerseits und des ursprünglichen Blutes andererseits entschieden werden, ob die dem Blute zugesetzten Kalisalze vollständig oder theilweise von den Körperchen aufgenommen werden oder ob sie in der Zwischenflüssigkeit verbleiben. —

1402,0 gr. defibrirten Rinderblutes werden mit 50 C. C. = 52,64 gr. einer Lösung von phosphorsaurem und kohlensaurem Kali versetzt. Die Lösung war durch Vermischen einer Lösung von kohlensaurem Kali mit einer Lösung von freier Phosphorsäure dargestellt. Sie enthielt in 50 C. C. genau 2 gr. K_2O und 0,5 gr. P_2O_5 . Die Hälfte dieser Quantität (25 C. C.) wurde eine Stunde nach dem Schlachten des Thieres dem Blute zugesetzt. Das Zusetzen geschah sehr allmählig tropfenweise unter fortwährendem Umschütteln des in einem enghalsigen Ballon befindlichen Blutes. Nach Verlauf einer zweiten Stunde wurden wiederum 25 C. C. in derselben Weise zugesetzt. Darauf wurde das Blut einen Tag lang bei Zimmertemperatur in dem verschlossenen Ballon stehen gelassen und während dieser Zeit ab- und zu geschüttelt. 23 Stunden nach dem Zusatz der ersten Kalisalzmenge wurde das Blut auf die Centrifuge gebracht. Die durch das Centrifugiren gewonnene Zwischenflüssigkeit zeigte genau dieselbe Farbe, wie das durch Centrifugiren des ursprünglichen Blutes gewonnene reine Serum und lieferte bei der Fällung mit Alkohol einen schneeweissen Eiweissniederschlag. Es war also kein Hämoglobin in die Zwischenflüssigkeit übergegangen. In dieser Zwischenflüssigkeit wurde das Eiweiss, das Kali, das Natron, die Phosphorsäure und das Chlor bestimmt. Zugleich wurde das ursprüngliche, nicht mit Kalisalzen versetzte Blut nach der in meiner früheren Mittheilung ¹⁾ beschriebenen Methode analysirt. Das Ergebniss der Analyse war folgendes:

¹⁾ Z. f. Biol. 1876. XII. 191.

Ursprüngliches defibrinirtes Gesamtblut.

6,0160 gr. gaben 1,0583 Eiweiss + Hämoglobin = 17,59% } 17,62% Eiweiss
 9,6420 » » 1,7007 » = 17,64% } + Hämoglobin.

42,261 gr. gaben 0,3124 K Cl + Na Cl; daraus 0,1425 K₂ Pt Cl₆.

46,274 » » 0,3422 » » 0,1519 »

daraus berechnet:

0,3374% Na₂ O } 0,3372% Na₂ O 0,0650% K₂ O } 0,0639% K₂ O.
 0,3369% Na₂ O } - 0,0629% K₂ O }

29,537 gr. gaben 0,3383 Ag Cl = 0,2832% Cl } 0,2830% Cl.
 46,068 » » 0,5267 » = 0,2827% Cl }

29,537 gr. gaben 0,016% Mg₂ P₂ O₇ = 0,0366% P₂ O₅ } 0,0369% P₂ O₅.
 46,068 » » 0,0268 » = 0,0372% P₂ O₅ }

Serum.

5,3005 gr. gaben 0,4161 Eiweiss = 7,85% } 7,84% Eiweiss;
 4,5896 » » 0,3588 » = 7,82% }

37,182 gr. gaben 0,3110 K Cl + Na Cl; daraus 0,0575 K₂ Pt Cl₆.

40,080 » » 0,3337 » » 0,0619 »

daraus berechnet:

0,4185% Na₂ O } 0,4175% Na₂ O 0,0298% K₂ O } 0,0298% K₂ O.
 0,4164% Na₂ O } 0,0297% K₂ O }

32,673 gr. gaben 0,4671 Ag Cl = 0,3535% Cl } 0,3525% Cl.
 35,808 » » 0,5090 » = 0,3514% Cl }

32,673 gr. gaben 0,0092 Mg₂ P₂ O₇ = 0,0180% P₂ O₅ } 0,0187% P₂ O₅.
 35,808 » » 0,0108 » = 0,0193% P₂ O₅ }

Blutkörperchen.

5,0537 gr. Blut, durch Centrifugiren mit Kochsalzlösung vom Serum befreit, gaben 0,6130 Eiweiss + Hämoglobin

= 12,13% } 12,10% Eiweiss

5,1030 gr. gaben 0,6159 Eiw. + Hämogl. = 12,07% } + Hämoglobin.

Serum des mit Kalisalzlösung versetzten Blutes.

7,1500 gr. gaben 0,5155 Eiweiss = 7,21% } 7,20% Eiweiss.
 8,8840 » » 0,6382 » = 7,18% }

38,266 gr. gaben 0,4060 K Cl + Na Cl; daraus 0,4395 K₂ Pt Cl₆.

32,163 » » 0,3426 » » 0,3730 »

daraus berechnet:

0,3768% Na₂ O } 0,3770% Na₂ O 0,2214% K₂ O } 0,2225% K₂ O.
 0,3772% Na₂ O } 0,2235% K₂ O }

32,248 gr. gaben 0,4402 Ag Cl = 0,3375% Cl } 0,3395% Cl.
 37,647 » » 0,5198 » = 0,3414% Cl }

32,248 gr. gaben 0,0365 Mg₂ P₂ O₇ = 0,0723% P₂ O₅ } 0,0723% P₂ O₅.
 37,647 » » 0,0425 » = 0,0722% P₂ O₅ }

Das Verhältniss des Serum zu den Körperchen im ursprünglichen Blute berechnet sich aus den Eiweissbestimmungen folgendermassen ¹⁾:

$$\frac{17,62 - 12,10}{7,84} \cdot 100 = 70,41\% \text{ Serum.}$$

Das ursprüngliche Blut hatte also folgende Zusammensetzung:

Auf 1000 Blut kommen:

295,9 Körperchen.	704,1 Serum.
121,0 Eiweiss + Hämoglobin,	55,2 Eiweiss,
0,43 K ₂ O,	0,21 K ₂ O,
0,43 Na ₂ O,	2,94 Na ₂ O,
0,35 Cl,	2,48 Cl,
0,24 P ₂ O ₅ .	0,13 P ₂ O ₅ .

Auf 1000 Körperchen
kommen:

408,9 Eiweiss + Hämoglobin
1,45 K ₂ O,
1,46 Na ₂ O,
1,18 Cl,
0,80 P ₂ O ₅ .

Auf 1000 Serum
kommen:

78,40 Eiweiss,
0,30 K ₂ O,
4,18 Na ₂ O,
3,53 Cl,
0,19 P ₂ O ₅ .

Es wurden also 1402,0 gr. des so zusammengesetzten Blutes mit 50 C. C. = 52,64 gr. Kalisalzlösung versetzt.

1402,0 gr. Blut enthielten $\frac{1402,0}{100} \cdot 70,41 = 987,15$ Serum.

Zu 987,15 Serum waren also 52,64 gr. Kalisalzlösung hinzugekommen. Auf 100 Serum kamen also $\frac{52,64}{987,15} \cdot 100 = 5,33$ gr. Kalisalzlösung.

Nehmen wir an, dass gar keine Diffusion zwischen den Körperchen und der Zwischenflüssigkeit Statt gehabt hat, so müssen 105,33 gr. der neu gebildeten Zwischenflüssigkeit 100 gr. des ursprünglichen Serums entsprechen und folgende Zusammensetzung haben:

¹⁾ Conf. Z. f. Biol. 1876. XII. 191.

100 Serum enth. 7,84 Eiweiss	0,0298 K ₂ O	0,4175 Na ₂ O	0,3525 Cl	0,0187 P ₂ O ₅
5,33 Kalisalzlösung enth.	0,2025 K ₂ O			0,0506 P ₂ O ₅
<hr/>				
105,33 Zwischenflüssigkeit				
enthielten 7,84 Eiweiss	0,2323 K ₂ O	0,4175 Na ₂ O	0,3525 Cl	0,0693 P ₂ O ₅

Mit den so berechneten Zahlen wollen wir die durch die Analyse der Zwischenflüssigkeit gefundenen Zahlen vergleichen: wir hatten gefunden 7,20 % Eiweiss, 0,2225 % K₂O, 0,3770 % Na₂O, 0,3395 % Cl, 0,0723 % P₂O₅. Rechnen wir diese procentischen Zahlen um auf 105,33 gr. der Zwischenflüssigkeit, so finden wir:

105,33 Zwischenflüssigkeit enthalten: 7,58 Eiw., 0,2344 K₂O, 0,3971 Na₂O, 0,3576 Cl, 0,0762 P₂O₅.

Der durch die Analyse gefundene Eiweissgehalt ist etwas geringer als der berechnete. Diese Thatsache glaube ich nur dahin deuten zu dürfen, dass etwas Wasser aus den Zellen in die Zwischenflüssigkeit getreten ist. Ein Uebergang von Eiweiss aus der Zwischenflüssigkeit in die Körperchen ist nicht anzunehmen. Legen wir der vorliegenden Betrachtung dieselbe Annahme zu Grunde, welche die Voraussetzung bildete bei unserer Methode der Blutanalyse, nehmen wir an, dass ein Austausch von Eiweissbestandtheilen zwischen den Körperchen und der Zwischenflüssigkeit nicht stattgehabt hat ¹⁾, so können wir aus dem Eiweissgehalt der nach Zusatz der Kalisalzlösung gebildeten Zwischenflüssigkeit berechnen, eine wie grosse Menge dieser Flüssigkeit 100 gr. des ursprünglichen Serums entspricht:

$$\frac{100}{7,20} \cdot 7,84 = 108,89.$$

108,89 gr. der Zwischenflüssigkeit entsprechen also 100 gr. Serum und enthalten, wie sich aus den Ergebnissen der Analyse berechnet:

0,2423 K₂O, 0,4105 Na₂O, 0,3697 Cl, 0,0787 P₂O₅.

Auf der folgenden Tabelle stellen wir die so gewonnenen Zahlen übersichtlich zusammen:

¹⁾ Die Richtigkeit dieser Voraussetzung ist nach den Ergebnissen meiner früheren Untersuchung kaum zu bezweifeln. Conf. Z. f. Biol. 1876. XII. 196, 198 u. 200.

	Unter der Voraus- setzung, dass kein Aus- tausch v. Bestandtheilen zwischen den Körperchen und der Zwischen- flüssigkeit statt gehabt, berechnet: 105,33 Zwi- schenflüssigkeit ent- sprechen 100 Serum und enthalten:	In 105,33 gr. Zwi- schenflüssigkeit durch die Analyse gefunden:	In 108,89 gr. Zwischen- flüssigkeit (nach dem Eiweissgehalt die 100 gr Serum entsprechende Menge) durch die Analyse gefunden:
Eiweiss.	7,84	7,58	7,84
K ₂ O	0,232	0,234	0,242
Na ₂ O	0,418	0,397	0,411
Cl	0,353	0,358	0,370
P ₂ O ₅	0,069	0,076	0,079

Es folgt aus diesen Zahlen, dass wenn ein endosmotischer Austausch von Salzen zwischen den Blutzellen und der Zwischenflüssigkeit überhaupt stattgehabt hat, derselbe jedenfalls nur ein sehr unbedeutender gewesen sein kann. Auf die Differenzen zwischen den für die Phosphorsäure berechneten und gefundenen Zahlen möchte ich kein Gewicht legen, weil die zur Analyse eingeäscherten Mengen für eine genaue Bestimmung der Phosphorsäure zu gering waren. Die Differenzen in den übrigen Zahlen aber liegen fast innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenzen. Mit Sicherheit können wir aus den Zahlen schliessen, dass kein Kali aus der Zwischenflüssigkeit in die Blutkörperchen übergetreten ist. Wir können vielleicht sogar schliessen, dass umgekehrt eine geringe Menge Kali nebst etwas Chlor, Phosphorsäure und Wasser aus den Blutzellen in die Zwischenflüssigkeit diffundirt ist. Diese Menge aber ist jedenfalls eine sehr geringe.

Die dem Versuche zu Grunde gelegte Frage muss also entschieden verneint werden: es wird unter den in dem Versuche eingehaltenen Bedingungen kein Kali aus der Zwischenflüssigkeit in die Blutkörperchen aufgenommen.

Auf das Verhalten der Blutzellen im circulirenden Blute gestattet das Ergebniss des Versuches allerdings keinen sichern Schluss. Die Bedingungen können dort ganz andere sein. Die Frage nach der Haltbarkeit der im Eingange dieser Abhandlung erwähnten Hypothese bleibt daher unentschieden.

Beachtenswerth scheint mir an dein vorliegenden Versuche das Ergebniss, dass die Blutzellen trotz der tiefgreifenden Veränderung in der Zusammensetzung der umgebenden Flüssigkeit und trotz der 23stündigen Einwirkung dieser veränderten Zwischenflüssigkeit dennoch mit so grosser Zähigkeit ihre ursprüngliche Zusammensetzung fast unverändert bewahrt haben.

Wir sehen auch an diesem Beispiele wiederum, dass die Stoffwechselvorgänge in den lebenden Geweben nicht einfach den Gesetzen der Diffusion und Endosmose folgen, dass jedes Gewebelement, jede Zelle die Fähigkeit besitzt, gewisse Stoffe anzuziehen, in sich aufzuspeichern und mit Zähigkeit festzuhalten, andere dagegen abzuschneiden und dadurch unabhängig von der umgebenden Flüssigkeit die Zusammensetzung zu bewahren, deren sie zur Verrichtung der Funktionen bedarf, welche ihr nach dem Prinzip der Arbeitheilung im Gesamtorganismus zugewiesen sind. Worauf diese Fähigkeit beruht, ist uns vorläufig noch ein vollständiges Räthsel.

Die vorliegende Untersuchung wurde im physiologischen Laboratorium zu Dorpat aus geführt. Herrn Prof. Alexander Schmidt, welcher mir alle Hilfsmittel dieses Institutes in unbeschränktester Weise zur Verfügung stellte, sage ich hiermit meinen wärmsten Dank.