

Ueber die Anpassung der Gefässe an grosse Blut- mengen.

Von

Dr. L. Lesser.

Mit zwei Holzschnitten.

Die Thatsachen, welche *Worm Müller* über die Abhängigkeit des arteriellen Druckes von der Blutmenge aufgedeckt hatte, verlangten noch mannichfache Ergänzungen, wenn ihr Zusammenhang verstanden werden sollte. Herr Prof. *C. Ludwig* forderte mich auf, meine Aufmerksamkeit dem Gegenstande zuzuwenden. Das Ergebniss meiner Bemühung lege ich im Folgenden vor.

I. Lässt sich am lebenden Thier aus der Färbekraft die Blutmenge bestimmen, wenn sie durch Transfusion bedeutend vermehrt ist? Diese Frage warf ich mir darum auf, weil es durch die Versuche *W. Müller's* ungewiss geblieben war, ob das Thier nach der Transfusion ein Blutvolum besass, welches der Summe des ursprünglichen und des eingespritzten gleichkam. Da auch nach sehr mächtigen Ueberfüllungen kein Austritt von Farbstoff erfolgte, so musste das vom Thier beherbergte Blutroth die Summe des ursprünglichen und des eingespritzten darstellen.

Könnte man nun ausser dem leicht bestimmbaren mittleren Farbstoffgehalt des injizirten Blutes auch noch den des ursprünglichen und des Mischblutes finden, so würde man nach Anleitung der Methode *Valentin's*¹⁾ die Blutmenge des überfüllten Thieres auszurechnen vermögen. Nach dem bisher geübten Verfahren war aber wenig Hoffnung auf eine Bestimmung der mittleren Färbekraft des ursprünglichen und des Mischblutes vorhanden. Denn der Farbstoffgehalt einer kleinen Probe, welche man dem Thiere abgezogen hat, erlaubt uns keinen Schluss auf die Färbe-

1) *Valentin's Physiologie* 2. Auflage I. Band 494.

kraft des im Körper kreisenden Blutes, weil dieses weniger Haemoglobin als der zuerst abgenommene Theil zu enthalten pflegt. Den Grund warum die ersten Portionen eines Aderlasses mehr Farbstoff enthalten als die spätern, hat man häufig in einer Verdünnung des Blutes gesucht, welche durch die rasch einströmende Lymphe bedingt werde. Wäre diese Annahme richtig, so würde man in der That nach Unterbindung der beiden ductus thoracici aus jeder beliebigen Probe des Blutes den wahren Farbstoffgehalt desselben finden können. Dieses musste zunächst untersucht werden. Zu diesem Ende wurden kräftigen Hunden entweder nur der ductus sinister oder zugleich auch der ductus dexter verschlossen, und darauf an einer Reihe hintereinander abgelassener Blutproben der Wassergehalt des Serums und die Färbekraft des ganzen Blutes bestimmt.

1. Ueber die Aenderung der Rückstandsprocente des Blutserums in Folge der Blutentziehung nach Unterbindung der grossen Lymphstämme. In der Literatur, welche von der Blutanalyse handelt, findet sich mehrfach die Angabe, dass das Blutserum in Folge wiederholter Aderlässe wasserhaltiger werde¹⁾. Es war also zu ermitteln, ob sich dieses auch bei Thieren ereigne, deren Lymphstämme unterbunden waren.

Ueber den Gang der Versuche ist zu bemerken, dass den Hunden nach Feststellung ihres Gewichtes zuerst die Lymphstämme — einer oder beide — unterbunden wurden. Bei dieser Operation gingen höchstens einige Tropfen Blutes verloren. Hierauf begann die Blutung durch ein möglichst weites Röhrchen, das in die art. carotis gleich nach ihrem Austritt aus der Brusthöhle eingesetzt war. Die zeitliche Folge, nach welcher die verschiedenen Portionen von Blut entleert wurden, war in den verschiedenen Beobachtungen eine ungleiche. Entweder die Thiere wurden möglichst rasch bis zum Tode entblutet, oder es wurden zwischen die auf einander folgenden Aderlässe längere Pausen, in welchen der Blutfluss stillstand, eingeschoben, bevor die Entleerung bis zum eintretenden Tode fortgesetzt wurde. Damit der Bestimmung des Serumrückstandes diejenige der Färbe-

1) *Becquerel und Rodier*, Neue Untersuchung über die Zusammensetzung des Blutes. 1847. p. 22. — *Popp*, Ueber die Beschaffenheit des menschlichen Blutes. 1845. p. 89.

kraft verbunden werden sollte, so wurde bei dem Auffangen des Blutes in der Regel folgendermassen verfahren: Zuerst wurde in einem verschliessbaren Glasgefässe, auf dessen Boden Glasperlen lagen, eine abgemessene Quantität von Blut aufgefangen, welche im geschlossenen Raume defibrinirt und zur Bestimmung der Färbekraft benutzt wurde. Hierauf wurde eine grössere Blutmenge in einen graduirten Cylinder übergeführt, der zur Abscheidung des Serums auf die Centrifuge kam. In gleicher Weise wurde abwechselnd mit dem Auffangen fortgefahren, solange noch das Blut von selbst floss. Nachdem sich die eigenen Mittel des Thieres erschöpft hatten, wurden die Hinterpfoten desselben emporgehoben, gebeugt und gestreckt, gleichzeitig der Unterleib gedrückt und alles dieses so lange, als unter den genannten Handgriffen noch Blut aus der Artérie hervortrat. Die Bestimmung der Färbekraft und des procentischen Serumrückstandes geschahen in hergebrachter Weise. Um die Uebersicht zu erleichtern, sind aus den im Versuch erhaltenen Zahlen nur diejenigen ausgewählt, welche für die Beurtheilung der Resultate von Einfluss sind.

In den Versuchen I. und II. der folgenden Zusammenstellung wurden sämmtliche Blutentleerungen so rasch als möglich hintereinander ausgeführt. Die in der ersten Reihe stehenden Zeitangaben bestimmen die Dauer des unter ihnen stehenden Blutflusses. Da die Zeit vom Beginne des ersten Aderlasses fortlaufend gezählt ist, so lässt sich aus ihnen auch die Dauer der Pause finden, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blutentziehungen gelegen ist. — In den Versuchen III. bis VI. liegt dagegen, wie in der Tabelle angegeben, zwischen einer ersten und zweiten Reihe von Blutentleerungen ein Zeitraum von einer Stunde. — Die Werthe, durch welche die Rückstandsprocente des Serums ausgedrückt werden, sind das Mittel aus je zweien nahezu übereinstimmenden Eindampfungen.

Versuche zur Bestimmung der Wasserzunahme im Serum mit dem wachsenden Blutverluste.

I. Gewicht des Hundes 7,7 Kilo. — Der duct. thoracicus sinister ist unterbunden.

	Das Blut				
	fließt von selbst				wird ausgedrückt
Zeit in Secunden, vom Beginn des Aderlasses	0—23.	49—77.	95—208.	234—345.	345—637.
Abgelassenes Blut in Procenten des Körpergew.	4,77.	3,04.	4,19.	5,20.	5,73.
Proc. Gehalt des Serums an festem Rückstand	7,40.	7,23.	7,0.		6,89.
Hundert Thl. Serum nahmen an Wasser auf		2,4.	3,3.		4,6.

II. Gewicht des Hundes 8,75 Kilo. — Der ductus thorac. sinister ist unterbunden.

	Das Blut						
	fließt von selbst					wird ausgedrückt	
Zeit in Sec.	0-26.	53-87.	113-154.	194-268.	306-379.	439-620.	636-686.
Abgelassenes Blut in Proc. des Kp'gew.	4,19.	2,29.	3,15.	4,00.	4,29.	4,71.	5,01.
Procentgeh. des Serums an festem Rückstande	7,39.	7,15.	—	7,00.	6,93.	6,94.	6,97.
Hundert Thl. Serum nahmen an Wasser auf	—	3,4.	—	2,4.	4,0.	—	—

III. Gewicht des Hundes 10,7 Kilo. — Beide ductus thoracici sind unterbunden.

	Das Blut			
	fließt von selbst			wird ausgedrückt
		nach 1 St.		
Abgelassenes Blut in Proc. des Körpergew.	2,56.	3,58.	5,75.	6,04.
Procentgehalt d. Serums an festem Rückstand	8,42.	8,69.	6,93.	6,63.
Hundert Theile Serum nahmen an Wasser auf			25,4.	4,4.

IV. Gewicht des Hundes 5,55 Kilo. — Der duct. thorac. sinister ist unterbunden.

	Das Blut			
	fließt von selbst			wird aus-
		nach 1 St.		gedrückt
Abgelassenes Blut in Proc. des Krprgew.	4,58.	5,84.	9,54.	10,65.
Procentgehalt des Serums an festem Rückstand	7,75.	6,34.	6,84.	4,95.
Hundert Theile Serum nahmen an Wasser auf		+22,8.	—7,9.	

V. Gewicht des Hundes 18,0 Kilo.— Ductus thoracici, sinister und dexter (?) sind unterbunden.

	Das Blut			
	fließt von selbst			wird aus-
	1 St. spät.	noch 1 St. sp.		gedrückt
Abgelassenes Blut in Procenten des Körpergewichtes	2,08.	2,69.	3,80.	5,34.
Procentgehalt des Serums an festem Rückstand	7,79.	7,54.	6,69.	6,83.
Hundert Theile Serum nahmen an Wasser auf		3,7.	12,2.	

VI. Gewicht des Hundes 21,4 Kilo. — Beide ductus thoracici sind unterbunden.

	Das Blut					
	fließt von selbst					wird aus-
		1 St. später	noch 1 St. später			gedrückt
Abgelaß. Blut in Proc. des Körpergewichtes	4,49.	2,60.	3,50.	4,83.	5,29.	5,54.
Procentgehalt d. Serums an festem Rückstand	8,18.	8,09.	7,52.	7,08.	6,78.	6,68.
Hundert Th. Serum nahmen an Wasser auf		4.	7,6.	6,2.	4,4.	4,5.

Diese Beobachtungen ergeben, dass sich die Rückstandsprocente des Serums mit dem steigenden Blutverlust ändern. Die Art, in der dieses stattfindet, stellt sich verschieden nach dem Grade der erreichten Blutarmuth. Wenn sich der Verlust zwischen zwei bis sechs Procent bewegt, so nimmt mit dem Umfange der Entleerung der Wassergehalt des Serums fortwährend zu. Um dieses deutlich hervortreten zu lassen, ist aus der vorstehenden Tabelle ein Auszug gemacht worden. Die Reihenfolge, nach welcher die Beobachtungen geordnet wurden, ist durch den

Gehalt an Rückstandsprocenten bestimmt, welchen das zuerst gewonnene Serum zeigte.

im ersten Serum.	Procentischer Rückstand			
	nach einem Blutverlust von 2—3 Procent.	nach einem Blutverlust von 3—4 Procent.	nach einem Blutverlust von 4—5 Procent.	nach einem Blutverlust von 5—6 Procent.
(II.) 7,39.	7,45.	—	7,00.	6,79.
(I.) 7,40.	—	7,23.	7,00.	6,89*.
(IV.) 7,75.	—	—	—	6,34.
(V.) 7,79.	7,54.	6,69.	—	—
(VI.) 8,48.	8,09.	7,52.	7,08.	6,78 u. 6,68.
(III.) 8,42.	—	8,69.	—	6,39.

Die vorhin aufgestellte Regel darf als allgemein gültig angesehen werden, weil die einzige Abweichung (Beobachtung III.) gegen die grosse Zahl der Uebereinstimmungen zu sehr zurücktritt, um nicht den Verdacht eines Beobachtungsfehlers zu erwecken. — Durch den Zahlenauszug tritt noch die andere Eigenthümlichkeit hervor, dass der Unterschied des Procentgehaltes, welchen die verschiedenen Sera nach der ersten Blutung darbieten, sich mit dem zunehmenden Blutverlust auszugleichen beginnen; so ist namentlich die grösste Differenz im Procentgehalt der zuerst abgelassenen Seren 4,03, in denjenigen, welche nach einem Blutverlust von fünf bis sechs Procent gewonnen wurden, 0,62 Procent.

Die Bestimmungen der Rückstandsprocente des Serums bei Blutverlusten, die sich in den Grenzen bis zu 6 Procent des Körpergewichts bewegen, lehren, dass die Aenderung, welche der Wassergehalt des Serums in Folge der Blutentziehung erfährt, sehr rasch eintritt, da sie schon deutlich zum Vorschein kommt, wenn selbst der Zeitraum, welcher zwischen zwei aufeinander folgenden Blutentleerungen lag, nur 20 bis 25 Secunden betrug. Ja es scheint sogar, als ob sich die Aenderung des Wassergehaltes in sehr kurzer Zeit so weit vollendete, als sie unter gegebenen Umständen möglich ist, so dass z. B. für gleiche Unterschiede des Blutverlustes gleiche Aenderungen im Wassergehalte des Serums auftreten, einerlei ob zwischen den beiden Aderlässen ein Zeitraum von Secunden oder von einer Stunde gelegen war. Zur Illustration dieses Verhaltens eignet sich streng genommen nur Beobachtung II., in welcher zwei Reihen von Bestimmungen vorkommen, die durch eine einstündige Pause von einander getrennt sind. — Bildet man aus den Zahlen dieses Versuches die Unter-

schiede der Blutverluste und der hierdurch bewirkten Verminderung der Serumprocente, so ergibt sich für die erste Reihe der unmittelbar aufeinanderfolgenden Blutentziehungen

für einen Blutverlust von 4,44 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,09
für einen weiteren Blutverlust von 0,90 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,57
also für einen Gesamtverlust von 2,04 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,66

und in der zweiten Reihe unmittelbar aufeinanderfolgender Blutentziehungen

für einen Blutverlust von 0,46 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,30
für einen weiteren Blutverlust von 0,25 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,10
also für einen gesammten Verlust von 0,71 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,40

Aus einer Vergleichung der Blutverluste und der Minderung der Serumrückstände für zwei Blutentziehungen, die durch eine Stunde von einander getrennt waren, ergibt sich

für einen Blutverlust von 4,33 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um	0,44
--	------

also eine Aenderung, die für gleiche Blutverluste auch in den unmittelbar aufeinanderfolgenden Aderlässen zu erwarten gewesen.

Dass die Länge der Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blutentleerungen verstrichen ist, auf die Herabminderung des procentischen Rückstandes der Seren keinen bemerkenswerthen Einfluss übt, scheint auch aus allen andern Beobachtungen hervorzugehen. Immerhin würde es gewagt sein, diesen Satz für einen gesicherten zu erklären, bevor er nicht durch erneute und für den vorliegenden Zweck besser angeordnete Versuche bestätigt ist.

Die bis dahin abgeleiteten Resultate haben, wie erwähnt, nur so lange Geltung, als der Blutverlust nicht über sechs Procent des Körpers ansteigt. War derselbe darüber hinausgegangen, so fand in dem Serum des von selbst ausgeflossenen Blutes keine weitere Verminderung des procentischen Rückstandes statt. Ob es sich hier um eine Gesetzmässigkeit oder um ein zufälliges Vorkommen handelt, lasse ich dahingestellt.

Bei der Beschreibung der Anordnung des Versuches wurde

bemerkt, dass dem Thiere, nachdem sein Blut nicht mehr von selbst ausfloss, durch Bewegen und Bestreichen seiner Gliedmaassen ein letzter Rest von Blut abgezogen wurde. Das Serum dieses Blutes zeigte rücksichtlich seines Wassergehaltes sehr grosse Unregelmässigkeiten, ohne dass für dieses Verhalten ein Grund aufzufinden war.

Wenn man es zu erklären sucht, wesshalb mit dem wachsenden Blutverluste der Wassergehalt des Serums zunimmt, so hätte man, da in den vorgeführten Beispielen von einer Betheiligung des Lymphstromes abzusehen ist, nur die folgende Alternative zur Verfügung.

Entweder das Blut, welches in verschiedenen Abtheilungen der Gefässe enthalten ist, führt ein Plasma von verschiedener Zusammensetzung, oder es werden die verdünnenden Wassermengen von aussen her in das Blut geführt, während oder nachdem ein Theil des letztern durch die geöffnete Arterie ausgetreten ist.

Thatsachen, welche mit unbedingter Sicherheit eine Entscheidung gewähren, sind mir unbekannt, wohl aber lässt sich die zweite der aufgestellten Hypothesen wahrscheinlicher als die erste machen.

Wollte man annehmen, dass dem Blute nach der Ausführung des Aderlasses von aussen her kein Wasser zugeführt würde, so könnte sich die beobachtete Erscheinung nur durch eine eigenthümliche Vertheilung des ungleich zusammengesetzten Blutes erklären. Da sich nach einer umfänglicheren Blutentziehung der Druck in den grossen Gefässen vermindert und sich zu dieser Zeit auch der Wassergehalt des Serums vermehrt, so läge es nahe, eine Beziehung zwischen diesen beiden Vorgängen zu vermuthen. Man würde z. B. unterstellen können, dass gewisse Abschnitte des Gefässsystems ihren Inhalt nur dann entleeren könnten, wenn der Druck in den grossen Venen unter eine bestimmte Stufe herabgesunken wäre; die Gefässe, welche sich in dieser Lage befänden, müssten zugleich diejenigen sein, welche ein wasserreicheres Serum führten. Der Wassergehalt des flüssigen Inhaltes solcher Gefässabtheilungen müsste ausserdem mannichfach abgeändert sein, weil sonst die steigende Verdünnung des abfliessenden Serums mit dem zunehmenden Blutverluste unerklärlich bliebe. Bedenkt man, wie gekünstelt diese Voraussetzungen sind, und ausserdem, dass durch die mannichfachen und stetigen Bewegungen des Blutes nothwendigerweise eine innige Mischung

aller flüssigen Bestandtheile desselben erzielt werden muss, so wird man dem eben ausgesprochenen Erklärungsversuche schwerlich Zutrauen schenken.

Auf den ersten Blick scheint es dagegen, als ob sich unsere Erscheinung besser aus der Annahme erklären lasse, dass das Serum erst während der Blutentziehung durch einen Zufluss von Wasser verdünnt werde, welcher von aussen her durch die Gefässwand hindurch stattfinde. Dieser Erklärungsversuch lehnt sich an eine wohlbegründete Anschauung an, wonach der jeweilige Wassergehalt des Blutserums die Folge eines dynamischen Gleichgewichts zweier entgegengesetzter Strömungen ist, welche man als Resorptionen und Secretionen zu bezeichnen pflegt. Vorausgesetzt, dass in den vorgelegten Beobachtungen die Ursache des Austrittes von Wasser in einem Druckunterschied, die des Eintritts dagegen in der Diffusion gelegen sei, so würde es begreiflich sein, wesshalb mit dem abnehmenden Füllungsgrade der Gefässe die Diffusionsströme das Uebergewicht erhielten. Ob aber in der That auch dieser Erklärungsversuch ausreichend ist, müssen künftige Versuche lehren, welche sich mit der chemischen Statik des Blutes beschäftigen.

2. Ueber die Aenderung der Färbekraft des Blutes in Folge des Aderlasses nach Unterbindung der Lymphstämme. Durch die Beobachtungen von *Welcker*, *Vierordt*, *Heidenhain*, *Panum* u. A. ist schon bekannt, dass der Farbstoffgehalt des Blutes der Grösse des Aderlasses entsprechend abnimmt; darüber fehlen jedoch Nachrichten, ob dieses auch nach Unterbindung des ductus thoracicus geschieht und wie im Genaueren mit dem wachsenden Blutverluste der Farbstoffgehalt abnimmt. — Die Versuche, welche diese Frage beantworten sollten, sind an denselben Thieren angestellt, die zu den Bestimmungen der Rückstandsprocente des Serums benutzt wurden. Die Bemerkungen, welche auf p. 154 rücksichtlich der Vorbereitungen und der Ausführung der Versuche gemacht waren, gelten also auch hier.

In den Beobachtungen mit rascher Folge der einzelnen Aderlässe wurde in der zweiten a. carotis der arterielle Druck durch ein HgManometer bestimmt. Das Maximum des Druckes, welches in den kurzen Pausen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ader-

lassen notirt war, ist an der gehörigen Stelle in die folgenden Zahlenangaben aufgenommen.

Die Nummern der Versuche sind dieselben, welche in der auf p. 156 und 157 mitgetheilten Tabelle vorkommen. Die Blutverluste sind in Procenten des Körpergewichts ausgedrückt. Der Farbstoffgehalt des zuerst entleerten Blutes ist gleich der Einheit gesetzt und diejenigen aller übrigen Portionen in Bruchtheilen des ersten ausgedrückt.

I. Gewicht des Hundes 7,7 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Procenten des Körpergewichts	4,77.	3,04.	4,49.	5,20.	5,73*.
Färbekraft derselben	1,00.	1,00.	0,90.	0,87.	0,73*.
Maximum des arteriellen Drucks in der Zeit zwischen 2 Aderlässen	158	85	34	38	19*mm Hg.
Die mittlere Färbekraft aller von selbst ausgeflossenen Blutportionen berechnet sich zu 0,94.					

II. Gewicht des Hundes 8,75 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Proc. d. Krprgew.	4,49.	2,29.	3,45.	4,00.	4,29.	4,74*.	3,01*.
Färbekraft derselben	1,00.	0,97.	0,94.	0,90.	0,84.	0,84*.	0,87*.
Maximum des arteriellen Druckes zwischen 2 Aderlässen	160	154	147	116	52	17	14
Die mittlere Färbekraft aller von selbst ausgeflossenen Blutportionen berechnet sich zu 0,95.							

III. Gewicht des Hundes 10,7 Kilo. — Ductus thoracici dexter und sinister geschlossen.

Abgel. Blutportionen in Proc.d.Körpergewichts	0,23.	2,56.	2,73.	3,58.	3,74.	1 Stunde später			
						3,84.	5,76.	5,90.	6,01*.
Färbekraft derselben .	1,00.		1,05.		1,00.	0,75.		0,60.	
Die mittlere Färbekraft der zuerst ausgeflossenen Blutmenge = 3,74 Proc. des Körpergewichts ist = 1,00.									

IV. Gewicht des Hundes 5,55 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen i. Proc. d. Körpergew.	0,25.	4,58.	1 Stunde später		noch 1 Stunde später		
			4,73.	5,84.	6,45.	9,51.	10,65*.
Färbekraft derselben	1,00.	0,93.	0,90.				

V. Gewicht des Hundes 18,0 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Procenten des Körpergewichts mehrmals nicht ganz genau

					1 Stunde später			noch 1 Stunde später			
0,56.	0,69.	2,08.	2,69.	2,78.	2,90.	3,80.	3,94.	4,04.	5,16.	5,20.	5,60*.
Färbekraft derselben											
1,00.					0,94. 0,90.			0,76. 0,70. 0,74.			

VI. Gewicht des Hundes 21,4 Kilo. — Ductus thoracici dexter und sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Procenten des Körpergewichts

					1 Stunde später					noch 1 St. sp.	
0,34.	1,49.	2,60.	3,50.	3,62.	3,72.	4,83.	5,29.	5,54.	5,64.	5,64.	6,07*.
Färbekraft derselben											
1,00.					0,80. 0,79.					0,77. 0,73. 0,76.	

* Durch Bewegung und Bestreichung der Gliedmaassen ausgepresst.

Die Resultate, welche aus dieser Zusammenstellung abzuleiten sind, beziehen sich auf die partialen und die mittleren Färbekräfte. Unter den ersteren ist die Farbenwirkung zu verstehen, welche einer jeden einzelnen Blutportion für sich zukommt. Unter der mittleren dagegen diejenige, welche das entleerte Blut unter der Voraussetzung gezeigt haben würde, dass sämtliche Portionen gemengt und aus dieser Mischung die Färbekraft bestimmt worden wäre. Da sich meinem Versuchsplane gemäss dieses Letztere nicht ausführen liess, so habe ich die mittleren Färbekräfte F aus den partialen $f, f', f'' \dots$ und den zugehörigen Volumen $v, v', v'' \dots$ berechnet, nach der bekannten Gleichung

$$F = \frac{vf + v'f' + v''f'' \dots}{v + v' + v'' \dots}$$

Die aus jedem Versuche gefundenen Zahlen sind in der vorstehenden Tabelle am entsprechenden Orte schon enthalten.

Aus den Zahlen der Tabelle ergibt sich, dass mit dem steigenden Blutverluste die Färbekraft abnimmt, wenn auch die Lymphe nicht mehr in das Blut übertreten kann. — Obwohl zwischen der Blutmenge, welche durch vorhergehende Aderlässe entzogen wurde, und der Farbenänderung, welche die zunächst abgenommene Portion zeigte, kein bestimmtes Verhältniss er-

sichtlich ist, so lassen sich doch folgende Regeln nicht verkennen. Ist der Blutverlust unterhalb 2,5 Procent des Körpergewichts geblieben, so beträgt die Minderung der Färbekraft nicht über 4 Procent der ursprünglichen. Eine sehr auffallende Herabsetzung der Färbekraft bis zu 20 und mehr Procent der ursprünglichen pflegte das Blut aufzuweisen, welches nach einem sehr bedeutenden Aderlass nur noch im schwachen Strahle die Arterie verliess. Da aber die Menge des farbstoffarmen Blutes sehr zurücktritt gegen die des farbstoffreicheren, so folgt hieraus, dass für gewöhnlich die mittlere Färbekraft eines grossen Aderlasses nicht sehr bedeutend von derjenigen abweicht, welche nach einem Blutverluste von 3—4 Procent des Körpergewichts gefunden wird. — Für den Eintritt dieser Erscheinungen ist es gleichgültig, ob zwischen den einzelnen auf einander folgenden Aderlässen kürzere oder längere Zeiten verstrichen waren.

Da die Herabsetzung des Farbstoffgehaltes, welche in den vorstehenden Versuchen zu Tage trat, aus einer durch die Lymphe bewirkten Verdünnung des Blutes nicht abzuleiten ist, so hat man sich nach anderen Erklärungsgründen für dieselbe umzusehen. Bei diesem Beginnen wird man zunächst an die Vermehrung des Wassergehaltes denken, welche das Serum in Folge der Blutverluste erfährt. Um zu entscheiden, ob die, wie wir vermutheten, von Seiten der Gewebe her eingetretene Wassermenge zur Erklärung der verminderten Färbekraft ausreicht, wollen wir die Voraussetzung machen, dass sich nicht blos das Serum, sondern auch die Körperchen mit Wasser und zwar beide im gleichen Grade beladen hätten. Wäre also in 100 Theilen Serum eine Wasservermehrung um a Procente gefunden worden, so würden wir uns auch 100 Theile Blut um a Procente an Wasser vermehrt denken. Da unter dieser Annahme die Farbstoffmenge selbst unverändert bliebe, so würde, wenn f die Färbekraft des zuerst, f' aber diejenige des später abgelassenen Blutes wären, $f \cdot 100 = f' (100 + a)$ sein müssen. Da in der auf p. 156 u. 157 stehenden Tabelle die Wassermengen verzeichnet sind, welche 100 Theile Serum in Folge des Blutverlustes aufnehmen, so lässt sich die vorgeschriebene Rechnung ausführen.

• Die berechneten und die wirklich gefundenen Färbekräfte sind in der folgenden Zahlenreihe enthalten.

I. Nach einem Blutverlust von 4,19 Procent wurde die Färbekraft gefunden zu 0,90. Sie berechnete sich zu 0,95.

- II. Nach einem Blutverlust von 2,29 Procent war die gefundene Färbekraft 0,97; die berechnete 0,96.
Nach einem Blutverlust von 4,0 Procent war die gefundene Färbekraft 0,90; die berechnete 0,95.
Nach einem Blutverlust von 4,29 Procent war die gefundene Färbekraft 0,84; die berechnete 0,94.
- III. Nach einem Blutverlust von 5,90 Procent war die gefundene Färbekraft 0,60. Nach einem Blutverlust von nur 5,76 Procent war die berechnete 0,80.
- IV. Nach einem Blutverlust von 6,45 Procent war die gefundene Färbekraft 0,90. Nach einem Blutverluste von nur 5,84 Procent die berechnete 0,84.
- VI. Nach einem Blutverlust von 3,62 Procent betrug die gefundene Färbekraft 0,80; die berechnete 0,92.
Nach einem Blutverlust von 5,64 Procent betrug die gefundene Färbekraft 0,77; die berechnete 0,89.

Aus dieser Vergleichung lässt sich abnehmen, dass die Verdünnung, welche das Blut durch das hinzugetretene (?) Wasser erfährt, für die Erklärung des verminderten Farbengehaltes allerdings nicht zu vernachlässigen ist, vorausgesetzt, dass sich jene nicht blos auf das Serum, sondern auch auf die Körperchen erstreckt. Aber es lässt sich zugleich erkennen, dass dieser Wasserzusatz nicht ausreicht, um das veränderte Verhältniss zwischen dem Haemoglobin und den übrigen Bestandtheilen des Blutes begreiflich zu finden, weil in der grossen Mehrzahl der Fälle die gefundene Färbekraft um mehrere Procent geringer, als die berechnete war.

Demnach bleibt nur noch die Annahme übrig, dass in den später entleerten Blutportionen die Menge des Farbstoffs selbst abgenommen habe. — Dieses könnte nun darum geschehen, weil sich mit dem fortschreitenden Blutverluste aus der geöffneten Arterie das Plasma rascher als die Körperchen entleerte, so dass sich das ursprünglich überall gleichmässig gefärbte Blut in zwei Theile spaltete, einen farbstoffarmen, welcher ausflosse, und einen farbstoffreichen, welcher im Körper zurückbliebe. Fände dieses statt, so wäre zu erwarten, dass die Blutmengen, welche nach dem Aufhören des freiwilligen Abflusses in den Gefässen zurückbleiben, weit farbstoffreicher seien als die zuerst abgezogenen Portionen. Dieses trifft jedoch nicht zu, denn die durch Bewegen und Bestreichen der Gliedmaassen ausgepressten Blutmengen sind, wie die Tabelle lehrt, in der Regel noch farbstoffärmer, wie die unmittelbar vorher ausgeflossenen.

Sollte hiermit die obige Annahme beseitigt sein, so würde jetzt die umgekehrte gelten, wonach während des fort-dauernden Aderlasses die Körperchen stets rascher als das Plasma davoneilten. Ob nun aber dieses daher rührt, dass sich erst mit dem abnehmenden Blutdruck Gefässbezirke entleeren, welche arm an Körperchen sind, oder davon, dass der raschere Blutstrom den Körperchen eine grössere Geschwindigkeit ertheilt als der langsamere, muss dahin gestellt bleiben. — Die Entscheidung dieser Frage scheint mir für die Verbreitung des Sauerstoffs innerhalb des Organismus nicht ohne Bedeutung zu sein. Würden in den Strömen, welche mit grösserer Geschwindigkeit begabt sind, auch die Haemoglobinprocente des von ihnen geführten Blutes wachsen, so würden die betreffenden Bahnen rücksichtlich ihres Sauerstoffgehaltes ausserordentlich bevorzugt sein.

Auch für die Bestimmung der normalen Blutmenge, insofern sie sich auf die der Färbekraft gründet, sind die neuen Beobachtungen von Bedeutung. Enthält der nach der Verblutung des Thiers verbleibende Rest einen so bedeutend geringeren Gehalt an Farbstoff, so darf der Antheil des Blutes, welcher gewöhnlich durch Ausspritzen der Gefässe gewonnen wird, nicht auf den Farbstoffgehalt der zuerst entleerten Probe bezogen werden. Richtiger würde man schon verfahren, wenn man zur Berechnung der durch diesen Farbstoffantheil repraesentirten Blutmenge die letzte Probe benutzte, welche das Thier bei einem tödtlichen Aderlass auszutreiben vermag. Ausserdem ändert sich auch mit der Blutung die Zusammensetzung des Serums. Rührt dieses vom Zutritt neuer Wassermengen her, so würde sich im Verlaufe der Blutung der Procentgehalt des Blutes an Farbstoff mindern. Hierüber müssten jedesmal gleichzeitig angestellte Wasserbestimmungen des Serums Aufschluss geben.

3. Ueber das Verhältniss, in welchem die Färbekräfte des ursprünglichen, des injizirten und des aus beiden gemischten Blutes zu einander stehen. In diesem Abschnitte wende ich mich zur Erledigung der Frage, welche im Anfange dieser Abhandlung aufgeworfen wurde, zu der nämlich, ob sich aus den Färbekräften die Blutmenge bestimmen lässt, welche ein Thier beherbergt, dessen normaler Gefässinhalt in Folge einer Transfusion einen bedeutenden Zuwachs empfangen hat. Das Verfahren, welches zur Lösung

dieser Aufgabe führen sollte, war durch die folgenden Gleichungen vorgezeichnet.

Gesetzt es seien fu , fi , fm die mittleren Färbekräfte, vu , vi , vm die Volumina des ursprünglichen, des eingespritzten und des gemischten Blutes; wäre innerhalb der Gefäße des Thieres das Transfusum mit dem ursprünglichen Blute vollkommen gemischt worden und von dem Gemenge kein Bestandtheil aus dem Gefäßraum ausgetreten, so würde (1) $vu = \frac{fi - fm}{fm - fu}$ sein. Als ein Beweis für die Statthaftigkeit unserer Annahmen würde es anzusehen sein, wenn sich aus den in die rechte Seite unserer Gleichung eingesetzten Werthen vu zu etwa 7 Proc. vom Körpergewichte des angewendeten Thieres berechnete, mit anderen Worten, wenn die berechnete ursprüngliche Blutmenge sich in den Grenzen bewegte, die nach vielfachen anderen Bestimmungen den normalen Blutgehalt des Hundes umspannen. Hieraus würde dann zugleich hervorgehen, dass $vm = vu + vi$ sei, dass also nach der Transfusion kein Plasma durch die Gefäßwand ausgetreten wäre.

Die Gleichung (1) ist jedoch nur dann anwendbar, wenn die Färbekraft des Mischblutes, fm , in der Mitte zwischen denen des ursprünglichen (fu) und des eingespritzten (fi) steht, da ohne dieses die Mischfarbe nicht aus fi und fu hervorgegangen ist. Wäre, was in der That vorkommt, das Mischblut farbstoffreicher als jede seiner Componenten, so könnte sich dieses nur durch einen Austritt farbloser Bestandtheile erklären lassen, welcher nach Vollendung der Transfusion erfolgt wäre. Um das ausgetretene Volum zu schätzen, würde man die vor der Transfusion im Thiere anwesende Blutmenge gleich 7 Procent seines Körpergewichts zu setzen und die Gleichung $vu fu + vi fi = vm fm$ anzuwenden haben. Danach würde sich das nach der Transfusion wirklich vorhandene Blut zu (2) $vm = \frac{vi fi + vu fu}{fm}$ berechnen.

Aus den Voraussetzungen dieser Gleichung geht hervor, dass ihre Aussagen von vorneherein mit der Unsicherheit behaftet sind, welche der Unterstellung ankleben, dass das Thier vor der Transfusion eine Blutmenge von 7 Procent seines Körpergewichts besessen habe. Aber hiermit hat es noch keineswegs sein Bewenden, da sich von den anderen in den obigen Gleichungen vorkommenden Werthen auch fu und

fm nicht der Wahrheit entsprechend bestimmen lassen. Die mittleren Färbekräfte der Blutarten, welche vor und nach der Transfusion im Thiere vorkommen, würden nur dann zu finden sein, wenn das Blut ohne Aenderung seiner natürlichen Zusammensetzung bis zum letzten Tropfen entleert werden könnte. Da dieses unmöglich und da es bis dahin nicht geglückt ist, diesem Mangel auf eine andere Weise abzuhelpfen, so musste dem Versuche selbst die Entscheidung darüber überlassen bleiben, inwieweit das Ergebniss desselben mit anderen mehr oder weniger wahrscheinlichen Voraussetzungen in Einklang stand. Bevor ich einige der angestellten Versuche mittheile, muss ich bemerken, dass ich in den ihnen angehängten Berechnungen das spezifische Gewicht des Blutes gleich 1,00 gesetzt habe, da es mir bei den mannigfachen sonstigen Ungenauigkeiten vorerst unnöthig erschien, auf die kleine Correctur Rücksicht zu nehmen, welche durch das wahre spezifische Gewicht des Blutes bedingt ist.

In einer ersten Reihe von Beobachtungen entzog ich zur Bestimmung der Färbekräfte des ursprünglichen und des gemischten Blutes nur je eine Blutprobe von 10 Ccm, unmittelbar vor Beginn und einige Minuten nach Vollendung der Transfusion.

A. 1. Gewicht des Hundes 4,82 Kilo.

Färbekraft vor der Transfusion	4,13
- nach - -	4,21
- des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	300 Ccm.

Da in diesem Falle das Mischblut farbstoffreicher ist als die Componenten, so musste ein farbloser Bestandtheil aus den überfüllten Gefässen ausgetreten sein. Unter der Voraussetzung, dass das ursprüngliche Blutvolumen des Thieres gleich 0,07 des Körpergewichts (= 337 Ccm.) gewesen, herechnet sich das Blutvolumen nach der Transfusion zu 562 Ccm., es müssten also 75 Ccm. Plasma ausgetreten sein.

A. 2. Das in dem vorigen Versuch benutzte Thier wurde 7 Tage nachher von Neuem der Transfusion unterworfen. Sein Gewicht betrug nun 5,18 Kilo.

Die Färbekraft vor der Transfusion	4,80
- - nach - -	4,58
- - des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	300 Ccm.

Nach Gleichung (1) berechnet sich das ursprüngliche Blut zu 789 Ccm. oder zu 15,2 Procent des Körpergewichts.

Diese ungewöhnlich hohe Zahl bezeugt die Unbrauchbarkeit der angenommenen Betrachtung und somit die Wahrscheinlichkeit, dass auch in diesem Falle ein Austritt von Plasma stattgefunden. Nimmt man dagegen die ursprüngliche Blutmenge zu 7 Procent des Körpergewichts (= 363 Ccm.) an, und rechnet dann mit Gleichung (2), so stellt sich das nach der Transfusion vorhandene Blutvolum zu 603 Ccm. heraus, es müssten demnach 60 Ccm. Plasma ausgetreten sein.

Diese und einige andere Versuche, deren Mittheilung ich unterlasse, weil sie nach demselben Verfahren ausgeführt waren, müssen auf Grundlage der benutzten Farbstoffbestimmungen dahin interpretirt werden, dass nach der Transfusion 0,2 Theile des eingespritzten Blutvolumens unter der Form von Plasma ausgetreten seien. Diesem Resultat begegnet aber ein gerechter Zweifel. Um es zu gewinnen, ist der Haemoglobingehalt des ursprünglichen und des gemischten Blutes nur aus je einer Probe abgeleitet, ohne jegliche Garantie dafür, dass die beiden Färbekräfte in demselben Verhältniss zu einander stünden, wie die mittleren der beiden fraglichen Blutarten. Das gewonnene Resultat musste darum noch weiter geprüft werden; dieses konnte unter anderem dadurch geschehen, dass die Färbekraft des Mischblutes aus einem weit grösseren Aderlasse bestimmt wurde. Auf diese Weise ist der folgende Versuch ausgeführt.

B. Gewicht des Hundes 4,30 Kilo. Unmittelbar nach vollendeter Transfusion wurde das Halsmark ohne jeden Blutverlust durchschnitten und mittelst eingeschobener Platinelektroden tetanisirt, während die Verblutung aus der a. carotis im Gange war. Es flossen bis zum Tode des Thieres 162 Ccm. = 3,7 Procent des Körpergewichts aus.

Färbekraft vor der Transfusion	1,50
- nach - -	1,34
- des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	300 Ccm.

Hieraus berechnet sich unter der Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 386 Ccm.) das Blutvolumen, welches dem Thiere nach der Transfusion zukommt, zu 674 Ccm., während es, wenn kein Blut aus den Gefässen ausgetreten wäre, 686 Ccm. betragen sollte.

Diese so auffallende Bestätigung der Annahme erweist sich aber augenblicklich als ein Trug, wenn man den Versuch dahin abändert, dass man, statt einer, eine Reihe von Blutentleerungen nach der Transfusion ausführt, und aus jeder die Farbe besonders bestimmt. Auf diese Weise sind die folgenden Versuche angestellt.

C. Gewicht des Hundes 6,6 Kilo. Unmittelbar nach vollendeter Transfusion wurde das Halsmark ohne jeden Blutverlust durchschnitten und mittelst eingeschobener Platinelektroden tetanisirt, während die Verblutung aus der a. carotis im Gange war. Im Ganzen wurden 310 Ccm. = 4,36 Procent des Körpergewichts Blut gewonnen.

Die Färbekraft vor der Transfusion	0,90
- - nach - - 1. Probe	1,35
2. -	1,06
3. -	0,94
- - des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	350 Ccm.

Hieraus berechnet sich unter Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 462 Ccm.) :

aus der Probe 1 das restirende Blutvolumen zu 567 Ccm. Demnach wären 245 Ccm. Plasma ausgetreten;

aus der Probe 2 das restirende Blutvolumen zu 722 Ccm. Demnach wären 90 Ccm. Plasma ausgetreten;

aus der Probe 3 das restirende Blutvolumen zu 844 Ccm. Demnach wären 2 Ccm. Plasma eingetreten.

Um mich zu vergewissern, dass dieses Ergebniss nicht etwa von Eigenthümlichkeiten des Blutstromes herrühre, welche durch die Reizung des Rückenmarkes veranlasst waren, stellte ich andere ähnliche Versuche am sonst unversehrten Thiere an. Aus einer grösseren Zahl mögen nur die folgenden zwei Platz finden.

D. Gewicht des Hundes 4,75 Kilo.

Färbekraft vor der Transfusion	0,75
- des injicirten Blutes	0,75

Nach der Transfusion wurden der Reihe nach entzogen

22 Ccm. gleich 0,46 Procent des Körpergew.	Färbekraft	0,85
87 -	-	?
27 - - 2,86 - - -	-	0,85
92 -	-	?
47 - - 5,16 - - -	-	0,75
25 -	-	?
5 - - 5,79 - - -	-	0,65

Hieraus berechnet sich unter Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 333 Ccm.)

aus Probe 4 und 3 das restirende Blutvolumen zu 579

- - 5 - - - 633

- - 7 - - - 734

Demnach wären

unter Zugrundelegung von 4 und 3 an Plasma ausgetreten 74 Ccm.

- - 5 - - - 00 -

nach Probe 7 aber wären eingetreten an Plasma 98 -

E. Gewicht des Hundes 5,25 Kilo.

Färbekraft vor der Transfusion. 0,74

- des injicirten Blutes 0,74

Volumen - - - 300 Ccm.

Nach der Transfusion wurden der Reihe nach entzogen

42,5 Ccm. gleich 0,25 Procent des Körpergew. Färbekraft 4,07

78 - - - - - ?

44 - - 4,94 - - - 0,99

78 - - - - - ?

24 - - 3,79 - - - 0,94

66 - - - - - ?

8 - - 5,20 - - - 0,89

Hieraus berechnet sich unter Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 367 Ccm.) das restirende Blutvolum

aus der 1. Probe 359 Ccm. Demnach an Plasma ausgetreten 308 Ccm.

- - 3. - 489 - - - 178 -

- - 5. - 514 - - - 143 -

- - 7. - 543 - - - 124 -

Bei dem gegenwärtigen Stande der Hilfsmittel führt der eingeschlagene Weg nicht zu dem gewünschten Ziel. Dem Zufall und der Willkür ist es überlassen, ob der aus den bestimmharen Färbekräften berechnete Inhalt der Gefässe grösser oder kleiner als die Summe des ursprünglichen und des eingespritzten Blutvolums ausfällt. Aber desshalb, weil die Versuche das Genaueste versagen, sind sie noch nicht bedeutungslos; denn sie lehren wenigstens, dass in der Regel nach der Transfusion farblose Bestandtheile des Blutes austreten.

Nach der Gleichung $vm = \frac{vifi + vufu}{fm}$ wird vm mit dem wachsenden fu und dem abnehmenden fm grösser. In den mitgetheilten Berechnungen kam der höchste Werth von fu zur Anwendung, welcher in dem gegebenen Falle über-

haupt erhalten werden konnte, weil er aus einem ersten sehr kleinen Aderlass gefunden wurde. Trotzdem fiel *vm* meist kleiner als die Summe von *vi* + *vu* aus, wenn auch die Färbekraft des Mischblutes aus einem sehr grossen Aderlass bestimmt wurde, mit andern Worten, wenn der als *fm* eingesetzte Werth schon weit von dem höchsten der möglichen entfernt war. Dadurch wird also der Austritt von Plasma höchst wahrscheinlich. — Hierfür spricht auch die Erfahrung, dass der Farbstoffgehalt der zuerst und selbst später abgelassenen Portionen des Mischblutes oftmals höher ausfiel als derjenige der mittleren Färbekraft des injicirten und der höchsten des ursprünglichen Blutes.

Ueber das Wieviel des ausgetretenen, beziehungsweise über einen Grenzwertb desselben gehen meine Beobachtungen keine Rechenschaft wegen ungenügender Variation der Proben, aus welchen die Färbekraft des ursprünglichen Blutes bestimmt ist. Bedeutend kann die ausgetretene Menge kaum gewesen sein; bei den angestellten Sectionen fand ich, die Ergebnisse *W. Müller's* bestätigend, keine Anzeichen von serösen Ergüssen. Von der Abwesenheit aller Ergüsse, welche die Gesundheit beeinträchtigen könnten, überzeugt uns auch der Inhalt des folgenden Abschnitts.

II. Das Befinden der Thiere nach einer bedeutenden Vermehrung ihres ursprünglichen Blutgehaltes. — Ausser einer heiläufigen Beobachtung von *H. Mittler*¹⁾ liegt, soweit mir bekannt, nichts über das Verhalten der Thiere vor, welchen nach der Einverleibung grösserer Blutmengen das Leben erhalten wurde. Die nachstehenden Versuche sind wesentlich in der Absicht angestellt, um über den fraglichen Punkt einen Aufschluss zu erhalten; in denselben wurde während der Zuführung des Blutes durch die vena jugularis der Druck in der a. carotis gemessen. Das eingeführte Blut war entweder defibrinirtes oder natürliches. Im ersteren Falle wurde die Einführung desselben nicht mit der Spritze, sondern aus einem Glasgefässe unter Quecksilberdruck vorgenommen. Schon *Panum* bemerkt, dass ein grosser Theil der schweren Zufälle, welche nach der Transfusion zuweilen beobachtet werden, von Embolien herrühren, die durch eine mangelhafte Filtration des eingespritzten Blutes verschuldet worden. Dieser Meinung kann ich nach eigenen Erfahrungen nur bei-

1) Wiener akadem. Berichte 58. Bd. 2. Abth.

pflichten. — Wenn natürliches Blut zur Transfusion benutzt werden sollte, so verband ich die v. jugularis eines kleinen Hundes durch eine Glas- und Kautschukröhre mit der a. carotis eines stärkeren Thieres und liess das Blut des letzteren in die Venen des ersteren so lange einströmen, bis das grössere Thier in Krämpfe verfiel. Die Menge des übergegangenen Blutes wurde aus dem verminderten Körpergewicht des einen, und zur Controle aus dem vermehrten des anderen bestimmt, ein Verfahren, welches auch *Panum* und *Mittler* angewendet haben. Da die Thiere bei dieser Operation gewöhnlich Harn entleeren, wodurch die Gewichtsbestimmungen derselben beeinträchtigt werden können, so empfiehlt es sich, männliche Hunde anzuwenden, welchen vor Beginn der Operation die Vorhaut unterbunden werden kann.

Zuerst werde ich drei Versuche mit defibrinirtem Blute vorlegen. Den Nachrichten von dem Befinden der Thiere nach geschehener Transfusion schicke ich jedesmal eine Tabelle voraus, in welcher die Menge des eingespritzten Blutes nach Ccm. und Procenten des Körpergewichts, ferner das Maximum des arteriellen Druckes kurz nach der Einspritzung von je 50 Ccm., die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspritzungen und der Druck vor Beginn einer neuen Einspritzung von 50 Ccm. enthalten ist.

A. Gewicht des Hundes 4,42 Kilo.

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
In Procenten des Körpergew. .	—	4,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78
Maximum d. arteriellen Drucks kurz nach der Einspritzung in Mm. Hg.	—	185	170	156	158	173	190
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspritzungen in Sec.	—	120	120	152	182	240	302
Druck vor Beginn der folgenden Einspritzung	146	122	122	114	141	154	171

(Fortsetzung der Tabelle: siehe folgende Seite.)

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
In Proc. des Körpergew.	7,94	9,44	10,17	11,30	12,43	13,56	14,69
Maximum d. art. Drucks nach der Einspritzung in Mm. Hg.	498	202	189	190	189	211	211
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspritzungen in Sec.	364	302	242	186	121	126	—
Druck vor Beginn d. folgenden Einspritzung.	179	177	183	183	186	188	—

Nach der Einspritzung von 650 Ccm. Blut erwiesen sich die Gefäße in der Bindehaut des Auges stark gefüllt. Alle anderen Theile der Körperoberfläche zeigten dagegen keine ungewöhnliche Röthung. Nachdem die Wunden verbunden und das Thier auf den Boden gestellt war, entleerte dasselbe breiige Fäces. Futter wies es ab. Am anderen Tage erfolgte Erbrechen von Schleim. Die Temperatur im Rectum ward zu 39,4° Celsius gefunden. Am dritten Tage wiederholte sich das Erbrechen, es fand eine Entleerung festen Koths statt und noch immer wurde die Aufnahme von Futter verweigert. Im Verlaufe des vierten Tages nach der Transfusion trat der Tod ein. Durch die Section konnten nirgends seröse Ergüsse nachgewiesen werden, wohl aber war die linke Lunge stark blutig und sehr luftleer; in einem ähnlichen Zustande befand sich auch die rechte Lunge, doch überwogen hier noch die lufthaltigen Partien. Unter dem Pericardial-Ueberzug lagen zahlreiche kleine Blutanhäufungen und ebenso auf der inneren Fläche und innerhalb der Muskulatur des linken Ventrikels.

Günstiger als diese verliefen zwei andere Transfusionen defibrinirten Blutes, die an einem Thiere hintereinander ange-
stellt wurden.

B. 1. Hund, Gewicht 4,82 Kilo.

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
Eingespritzte Blutmenge in Proc. des Körpergewichts .	—	4,4	2,8	3,12	4,16	5,20	6,24
Maximum d. art. Druckes kurz nach der Einspritzung in Mm. Hg.	—	187	162	162	167	177	180
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspr. in Sec. . .	—	179	183	180	183	182	140
Druck vor Beginn der folgenden Einspritzung	154	127	148	148	146	154	169

Nach vollendeter Transfusion zeigte sich das Thier munter, am andern Tage entwickelte es einen ungeschwächten Appetit. Die Wunden heilten rasch, so dass es sieben Tage nach der Einführung des Blutes um mehrere 100 Gramm an Gewicht zugenommen und als ein vollkommen gesundes anzusehen war. Unter diesen Umständen erschien es nicht gewagt, von Neuem 300 Ccm. Blut einzuführen.

B. 2. Dasselbe Thier 7 Tage später, Gewicht 5,48 Kilo.

Einspritzungen von je 50 Ccm.							
Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
Eingespritzte Blutmenge in Proc. des Körpergewichts .	—	0,97	1,83	2,90	3,86	4,83	5,79
Maximum d. art. Druckes kurz nach der Einspr. in Mm. Hg.	—	194	215	232	228	224	222
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspr. in Sec. . .	—	363	364	369	365	364	240
Druck vor Beginn der folgenden Einspritzung	171	184	208	211	209	209	220

Auch nach dieser zweiten Einspritzung zeigte der Hund keine wesentliche Störung seines Befindens. Er verschmähte jedoch 48 Stunden hindurch jegliches Futter. 24 Stunden nach der Transfusion stand die Temperatur im Rectum auf $40,8^{\circ}$ C. Da sich keine weiteren krankhaften Erscheinungen wahrnehmen liessen, so wurde das Thier nicht weiter beobachtet.

Zwei Versuche, in welchen natürliches Blut übergeleitet wurde, verliefen folgendermaassen.

Gewicht des Hundes 4,73 Kilo. Dem Thiere wurden zugeführt 420 Gr. Blut = 8,9 Procent des ursprünglichen Körpergewichts. In der a. carotis stieg während des Blutübertrittes der Druck unter Schwankungen von 179 auf 190 Mm. Das Thier zeigte sich einige Tage hindurch munter, aber ohne Fresslust. Aus den Wunden floss am vierten Tage ein bräunliches Secret, das sich jedoch am siebenten und achten Tage in ein eitriges verwandelte. Zu dieser Zeit ward das genesene Thier durch Verblutung getödtet und secirt. Ausser einigen kleinen Ecchymosen von Nadelkopfgrösse, die sich unter der Pleura und Pericardium fanden, ward nichts Abnormes angetroffen.

Gewicht des Hundes 7,4 Kilo. Dem Thiere wurden zugeführt 472 Gr. Blut = 6,6 Procent des Körpergewichts. Während

des Bluteintrittes steigt der Druck in der a. carotis anfangs rasch von 178 auf 190, alsbald auf 225 Mm. und sinkt dann gegen Ende der Transfusion auf 178 Mm. zurück. Das Thier zeigte keine Störung seines Befindens. Vom zweiten Tage an nahm es das Futter in ungewöhnlich reichem Maasse zu sich. Da das Befinden bis zum siebenten Tage ungestört blieb, so wurde es von da ab nicht weiter beobachtet.

Durch diese Erfahrungen rechtfertigt sich die Behauptung, dass ein Hund, welchem zum Mindesten noch einmal so viel Blut, als er ursprünglich besitzt, beigebracht ist, ohne ein bemerkbares Zeichen gestörter Gesundheit fortzuleben vermag. Um die Aenderungen zu erfahren, welche das Leben unter der Betheiligung einer so grossen Blutmenge erlitten hat, wird es jedenfalls genauerer Beobachtungsmittel bedürfen, als wir sie bis dahin anzuwenden pflegten.

III. Der Druck in den grossen Venen nach der Transfusion. Die bis dahin noch fehlenden Messungen der Venenspannung geschahen in der ven. cruralis; auf bekannte Art ward die wandständige Canüle in die Gefässhaut festgeklemmt, so dass sie ohne Behinderung der Strombahn den Druck des Blutes auf ein registrirendes Manometer zu übertragen vermochte. Auf diese Weise wurde die Aenderung der Spannung gemessen, welche in der grossen Schenkelvene auftrat, während durch die vena jugularis defibrinirtes Blut zugeführt war. Die umstehende Tabelle berichtet das gewonnene Resultat.

Gewicht des Hundes 5,25 Kilo.

Zahl der Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut Eingespritzte Blutmenge in Procenten des Körpergewichts	0	I	II	III	IV	V	VI
Schwankungen des Druckes im Strome der v. cruralis während der Einspritzungen. Zeldauer zwischen zwei Einspr. in Sec. .	—	0,95	4,90	2,85	3,80	4,75	5,70
Druckschwankungen in der Zeit zwischen zwei Einspritzungen	—	8. 6. 48	28. 14. 34. 415	40. 44	40. 67	17. 15. 14. 82	8. 35
	6. 23. 10.	6. 18. 10.	19. 38†.	44. 12. 10.	10. 23. 16.	12. 14. 6.	10. 16. 14.

† Brechbewegungen.

Gewicht des Hundes 4,75 Kilo.

Zahl der Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut Eingespritzte Blutmenge in Procenten des Körpergewichts	0	I	II	III	IV	V	VI
Schwankungen des Druckes im Strome der v. cruralis während der Einspritzungen. Zeldauer zwischen zwei Einspr. in Sec. .	—	4,05	2,10	3,15	4,20	5,25	6,30
Druckschwankungen in der Zeit zwischen zwei Einspritzungen	—	10. 12. 46	14. 59	44. 115	80. 58	89. 96	10. 14. 148
	12	15	13—15.	11—86†.	80. 114†. 82.	90†. 14. 10.	25. 14.

† Lebhafte Bewegungen des Thieres.

Die Einspritzung übt also nur eine vorübergehende Wirkung; zur Zeit, wo das Blut durch die obere Hohlvene in das rechte Herz dringt, wächst, und dieses ist begreiflich, die Spannung in der vena cava inferior. Nach Vollendung der Injection aber steigt das Manometer auf den Stand herab, welchen es vor Beginne jener eingenommen hatte.

Durch den bedeutenden Zuwachs, welchen das normale Blutvolumen des Thieres empfangen, änderten sich, soweit dieses aus Druckmessungen zu erkennen ist, die natürlichen Verhältnisse nicht, welche in den Venenstämmen zwischen dem Zu- und dem Abflusse bestehen. Um dieses Verhalten des Venenstromes ausser allem Zweifel zu stellen, dürfte sich noch eine zweite Anordnung des Versuchs eignen. In dieser wird der Druck in der a. carotis des überfüllten Thieres gemessen und zwar ebensowohl vor als auch nach Durchschneidung der n. vagi. Dieser Anordnung lag die Ueberlegung zu Grunde, dass bei gegebenen Widerständen im Strome der Aorta die Füllung bezw. die Spannung derselben von dem Volumen an Blut bestimmt ist, welches sie in der Zeiteinheit aus dem Herzen empfängt. Dieses Volumen ist aber von der Füllung, welche der linke Ventrikel vor jeder Contraction besass und zugleich von der Zahl des letzteren abhängig, welche in der Zeiteinheit vor sich gehen. Wäre nun in Folge der Transfusion die Spannung des Inhaltes der Hohlvenen ungewöhnlich hoch, so müssten sich auch die Herzhöhlen rascher bis auf das erreichbare Maximum füllen. Diese beschleunigte Füllung würde für das Blutvolumen, welches in die Aorta geworfen wird, von Bedeutung werden müssen, wenn sich auch die Zahl der Herzschläge entsprechend mehrte, so dass der Ventrikel jedesmal in dem Augenblicke, wo er seine höchste Ausdehnung erreicht hat, sich zusammenzöge. Dieser Betrachtung gemäss müsste nach der Durchschneidung der vagi, sofern hierdurch die Zahl der Herzschläge vermehrt wird, der Druck in der Aorta wachsen.

Gewicht des Hundes 4,75 Kilo. Im Verlaufe von 9 Minuten werden 300 Ccm. Blut eingespritzt.

	Blutdruck in Mm. Hg.	Pulsschläge in 20 Sec.
Nach vollendeter Transfusion	180	50. 57.
Nach Durchschneidung des rechten vagus	218. 177.	64. 58.
Nach Anlegung des Luftröhrenschnittes	177. 170.	57. 60.
Nach Durchschneidung des linken vagus	200. 190.	72. 74.

Zu diesem Versuche gehört die Bemerkung, dass das Thier die Durchschneidung der *n. vagi* mit heftigen Bewegungen begleitete; unmittelbar mit ihrem Eintritt ging der arterielle Druck sehr hoch empor und er sank dann allmählig wieder in dem Maasse, in welchem sich die Glieder beruhigten. Diesen Erscheinungen gemäss wird jenes vorübergehende Steigen auf einen reflectorischen Gefässkrampf zu beziehen sein. Unter Berücksichtigung der Zeiten, in welchen sich diese nervöse Aufregung gelegt hatte, geht aus dem Versuche deutlich hervor, dass auch nach der Transfusion die Beschleunigung des Pulses von keiner nennenswerthen Bedeutung für das Anwachsen der arteriellen Spannung ist; er bestätigt die Ergebnisse der Druckmessung in den Venen. Auf Wiederholungen der Versuche nach dem vorgelegten Plane glaubte ich verzichten zu dürfen, da in den Beobachtungen von *Worm Müller* schon öfter hervorgehoben wird, in wie geringem Grade die Pulsfolge den arteriellen Druck beeinflusst.

IV. Aderlässe an normalen und überfüllten Thieren.
 1. Ueber den Gefässraum, welcher nach der Verblutung normaler und überfüllter Thiere zurückbleibt. — Wieviel Blut ein Thier nach einem tödtlichen Aderlasse noch enthält, ist nicht mit Sicherheit auszumitteln, wohl aber lässt sich finden, wie gross der Unterschied des restirenden Blutes nach zwei aufeinanderfolgenden tödtlichen Aderlässen ist. Gesetzt, man habe vor jeder künstlichen Veränderung seines Blutgehaltes an einem Thiere einen tödtlichen Aderlass bewirkt, und hierbei m Blut erhalten und man habe ihm darauf $m + n$ Blut eingespritzt und in einem folgenden Aderlass bedeutend weniger als $m + n$ gewonnen, so wird der restirende Gefässraum im letzteren Falle grösser, als im ersteren sein. Tritt ein solcher Unterschied ein, so liefert er uns den Beweis, dass die Gleichgewichtslage der Gefässwandungen nicht unter allen Umständen dieselbe bleibt, namentlich aber, dass sie sich auf irgend welche Weise durch die Transfusion verändert.

Zur Prüfung dieses Verhaltens können verschiedene Wege eingeschlagen werden, entweder, man verblutet dasselbe Thier unter Zuhülfenahme der Bluteinspritzungen zwei- bis dreimal hintereinander, oder man bedient sich der Mittelzahlen, die aus einer grösseren Reihe von Versuchen an verschiedenen Thieren gewonnen sind, welche unter Anwendung aller Kunstgriffe bis zum Tode verblutet wurden, wobei in der einen Reihe die künst-

liche Veränderung des Blutgehaltes vermieden, in der anderen dagegen vorgängig eine Transfusion unternommen war.

Zunächst sollen nun die Resultate der Versuchsreihen mitgeteilt werden, welche nach der zweiten der eben vorgeführten Methoden erhalten wurden. In allen Fällen verblutete sich das Thier aus der a. carotis und zwar unter Anwendung aller Hilfsmittel, durch welche der Austritt des Blutes befördert werden kann.

In der ersten Reihe von Beobachtungen stehen Thiere, die vorher keine künstliche Veränderung ihrer Blutmasse erfahren hatten. An ihnen wurde der Aderlass entweder in einem Zuge bis zum Tode des Thieres fortgeführt, oder es geschah dieses letztere absatzweise in der Art, dass zuerst ein grosser Theil des Blutes entleert, und darauf das Ausfliessen desselben unterbrochen wurde. Nachdem die Arterie eine Stunde hindurch verschlossen geblieben war, wurde nun die Blutung bis zum Tode fortgesetzt. In anderen Fällen wurde auch die zweite Blutung nicht bis zum Tode getrieben, sondern abermals mit ihr innegehalten und erst nach Verfluss einer Stunde wieder mit ihr begonnen und bis zum Tode fortgeführt. Um die an verschiedenen Versuchsthieren gewonnenen Resultate untereinander vergleichbar zu machen, sind die abgelassenen Blutmengen in Procenten des Körpergewichts ausgedrückt.

A. Tödtliche Aderlässe normaler Thiere.

a) Die Verblutung geschieht in einem Zuge.

1)	Gewicht 11,5 Kilo.	Verliert 646 Ccm.	= 5,6 Proc. des Körpergew.
2)	- 16,12 -	- 734 -	= 4,5 - - -
3)	- 7,7 -	- 441 -	= 5,7 - - -
4)	- 8,75 -	- 448 -	= 5,1 - - -

b) Die Blutung wird 1 Stunde lang unterbrochen.

5)	Gewicht 10,70 Kilo.	Verliert 644 Ccm.	= 6 Proc. des Körpergew.
6)	- 21,40 -	- 1239 -	= 5,8 - - -

c) Die Blutung wird zweimal je 1 Stunde hindurch unterbrochen.

7)	Gewicht 18,0 Kilo.	Verliert 1006 Ccm.	= 5,6 Proc. des Körpergew.
8)	- 5,55 -	- 591 -	= 10,7 - - -

Abgesehen von dem achten liefern diese Versuche das Resultat, welches *Heidenhain*, *Tappeiner*, *Worm Müller* u. A. unter ähnlichen Umständen gefunden haben. Die Spannung des Gefässinhaltes wurde gleich Null, nachdem 4, 5 bis 6 Procent des Körpergewichtes an Blut ausgetreten waren.

Ueber die Erscheinungen, welche während und nach der Entleerung überfüllter Thiere eintreten, hat schon *Worm Müller* Aufschlüsse gegeben; diese beziehen sich jedoch mehr auf die Vergleichung des Drucks nach gleich grossen procentischen Blutverlusten, welche normale und überfüllte Thiere erlitten, als auf die Grösse des restirenden Volums nach tödtlichen Aderlässen. Seine Erfahrungen fasst er kurz dahin zusammen: Gleich grosse Blutverluste bringen den arteriellen Druck bei überfüllten Thieren weniger tief herab als bei denjenigen, die vorher keine Einspritzungen erfahren haben. Vergleicht man dagegen die Blutmengen, welche nach einem Aderlass zurückbleiben, so ergibt sich, dass die zur Erhaltung gleicher Drucke nothwendigen Blutvolumina im überfüllten Thiere weit grösser als im normalen sein müssen. — Meine Beobachtungen dagegen suchen vorzugsweise das Maximum des Blutvolums zu ermitteln, welches das überfüllte durch einen Aderlass verlieren kann. Um die Entleerung so vollständig als nur immer möglich zu machen, wurde ausser den bisher gebrauchten Kunstgriffen auch noch die Tetanisirung des Rückenmarkes geübt. Die Versuche verliefen folgendermaassen: Nachdem in die v. jugularis des gewogenen Thieres ein abgemessenes Volum defibrinirten Blutes eingespritzt und eine Trachealfistel angelegt war, wurden unter Vermeidung jeglichen Blutverlustes das Halsmark und die n. vagi durchschnitten und nun der Aderlass in den Gang gesetzt, während gleichzeitig das Halsmark tetanisirt wurde.

B. Tödtlicher Aderlass nach Transfusion defibrinirten Blutes unter fortdauernder Tetanisirung des Rückenmarkes.

1) Gewicht des Hundes 5,55 Kilo.

Eingespritzt 300 Ccm. Blut = 5,4 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 135 Ccm. = 3,48 Proc. des Körpergew.

2) Gewicht des Hundes 5,52 Kilo.

Eingespritzt 250 Ccm. Blut = 4,5 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 320 Ccm. = 5,8 Proc. des Körpergew. •

3) Gewicht des Hundes 6,6 Kilo.

Eingespritzt 350 Ccm. Blut = 5,3 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 305 Ccm. = 4,5 Proc. des Körpergew.

In etwas abweichend von diesem ist der folgende Versuch, in welchem das Transfusum nicht aus defibrinirtem, sondern aus natürlichem Blute bestand, welches aus einem anderen Thiere direct übergeleitet war,

4) Gewicht des Hundes 6,8 Kilo.

Eingespritzt 330 Ccm. Blut = 5,15 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 500 Ccm. || 7,8 Proc. des Körpergew.

Durch diese Versuche wird es bestätigt, dass der geringste Umfang, welchen die Gefässhöhle zu erreichen vermag, verschieden ausfallen kann. Nach der Verblutungsreihe an den normalen Thieren wäre zu erwarten gewesen, dass diejenigen, welche ein Transfusum empfangen hatten, von ihrem ursprünglichen Blute etwa 4,5 bis 6 Procent des Körpergewichts geliefert hätten, und hierzu hätte dann noch ein Antheil von dem injizirten Blute kommen müssen, da uns bekannt ist, dass nur ein mässiger Theil des Gefässinhaltes nach vollendeter Transfusion auszuwandern pflegt.

Von dieser Voraussetzung sind aber die Erfolge der drei ersten Versuche in der Reihe B. weit entfernt, denn in diesen war das ausgeblutete Volum nur etwa gerade so gross, in keinem Falle aber grösser, als dasjenige, welches vor der Transfusion zu erwarten gewesen wäre. — Die Uebereinstimmung mit ähnlichen Beobachtungen *Worm Müller's* ist besonders beachtenswerth, weil sie hervortritt trotzdem dass das Rückenmark tetanisirt wurde. Unter diesem Eingriff verkürzen sich, wie bekannt, die Muskeln der Gefässe; zum Beweise dafür, dass es auch in den vorliegenden Fällen geschah, bestimmte ich in einzeln derselben, so z. B. in B. 3, den Blutdruck in der anderen Carotis; dieser erhob sich alsbald mit dem Beginn der Tetanisirung und sank auch sogleich nach einer Unterbrechung derselben. Daraus erhellt also, dass die Ursache für die geringe Menge des ausgestossenen Blutes keinenfalls in einem Mangel der Muskelcontractionen innerhalb der Gefässwand zu suchen ist.

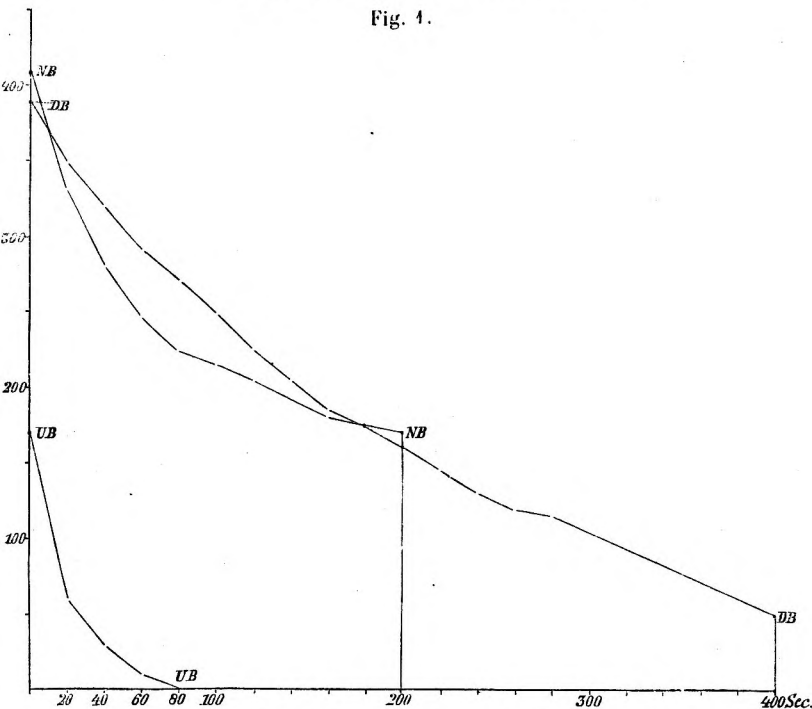
2. Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher das Aderlassblut hervorströmt. Nach dem zweiten der oben aufgestellten Pläne sollten die zu vergleichenden Blutvolumina demselben Thiere nacheinander entnommen werden. Um den Kreis der zu erwartenden Aufschlüsse über das Bekannte hinaus zu erweitern, wurde nicht blos das Volum des ausgeflossenen Blutes, sondern zugleich die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher es hervorströmte. Die Auswerthung dieser letzteren geschah mit Hülfe derselben graphischen Methode, deren sich auch *Tappeiner* und *Slavjanski* bedienen.

Da der Apparat und seine Anwendung im vorigen Jahrgang dieser Berichte beschrieben ist, so kann ich die Darstellung desselben unterlassen. Während die Geschwindigkeit der Blutung aus der einen arteria carotis notirt wurde, schrieb sich auch der arterielle Druck in der anderseitigen Arterie auf. Unter diesen Messungen wurde das normale Thier zuerst verblutet; war es dem Tode nahe, so wurde ihm alsbald aus der a. carotis eines anderen Hundes eine möglichst grosse Blutmenge durch die v. jugularis hindurch zugeleitet. Um das Gewicht des übergetretenen Blutes zu finden, wurde der zweite Hund, welcher sein Blut hergegeben hatte, unmittelbar bevor und nachdem er dieses gethan, gewogen. Diese Bestimmungsweise der Blutmenge lässt natürlich keine sehr grosse Genauigkeit zu, da das specifische Gewicht des übergeführten Blutes nicht bekannt ist und weil ausser dem Verluste des Blutes auch noch andere hinzutreten, da immerhin zwischen der ersten und der zweiten Wägung mehrere Minuten verstreichen. Es kann desshalb nur als eine Annäherung, keinesfalls aber als eine Ueberschätzung des wahren Volums angesehen werden, wenn ich im Folgenden annehme, dass in unser Beobachtungsthier so viele Ccm. Blutes eingetreten seien, als das Gewicht des anderen um Gramme abgenommen hatte. Einige Minuten nach der vollendeten Ueberleitung, während welcher der registrirende Apparat gereinigt worden war, begann die zweite Blutung. War auch diese zu dem gewünschten Ziele geführt, so wurden dem Hunde so viel Ccm. defibrinirten Blutes eingespritzt, als er im zweiten Aderlass verloren hatte und hierauf wurde endlich zum drittenmale der tödtliche Aderlass bewirkt. Die Resultate zweier durchaus gelungener Versuche lege ich unter zwei Formen vor; zuerst in einer Zahlenreihe, die den unmittelbaren Ausdruck der Beobachtung enthält, und dann in einer hieraus abgeleiteten Curve. Da die Ueberschriften und Eingänge der Tabellen sehr ausführlich sind, so wird zum Verständniss derselben keine weitere Erklärung nothwendig sein. — Die Curven — Holzschnitt 1 und 2 — aber sind folgendermaassen zu verstehen. Auf die Abscisse sind die Zeiten aufgetragen; diese beginnen mit der Blutung; die Ordinaten messen dagegen den Blutgehalt der Gefässe während der fortschreitenden Entleerung. Ihr Nullpunkt liegt bei der geringsten Füllung, die dem Gefässsystem unter den wahrscheinlichsten Voraussetzungen während des Versuches zukam.

Zur Beseitigung jeden Zweifels über die Bedeutung der Curven werde ich die Entstehung einer derselben — Fig. 4 — beschreiben. — Nach der Tabelle hatte das Thier

durch die Normalblutung verloren	160 Ccm.
- - Ueberleitung gewonnen	444 -
- - zweite Blutung verloren	254 -
- - Einspritzung gewonnen	234 -
- - dritte Blutung verloren	318 -

Fig. 4.



Auf die Ordinate zur Zeit Null wurden also aufgetragen 160, 444, 394, denn diese Zahlen geben an, um wie viel Ccm. Blut das Thier zu Beginn eines jeden Aderlasses mehr enthielt als am Ende des ersten, wo dasselbe die geringste Blutmenge enthielt. Von diesem zur Zeit Null vorhandenen höchsten Werthe wird nun der in den ersten zwanzig Secunden erfolgte Verlust abgezogen und der Rest als Ordinate auf die zwanzigste Secunde errichtet; darauf wird die von der zwanzigsten bis vierzigsten Secunde verlorene Blutmenge von der Ordinate über der zwanzigsten Secunde abgezogen und aus dem Rest die Ordinate über die vierzigste Secunde gebildet u. s. f. bis zum Schluss der Blutung. — Vorausgesetzt, dass die Annahmen, welche über den Füllungsgrad der Gefässe gemacht wurden, richtig sind, giebt die Curve den veränderlichen Füllungsgrad der Gefässe sehr anschaulich wieder.

Gewicht des Hundes 5,04 Kilo.

Zeit in Secunden	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
Normalblutung.																				
Ausgeflossenes Blut in Ccm. .	127	156	178	195	205	215														
In je 20 Sec. ausgeflossen . .	127	29	22	47	10	10														
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	112	69	80*	26	17	12														
Nach Transfusion von 549 Ccm. natürlichen Blutes.																				
Ausgeflossenes Blut in Ccm. .	90	158	200	242	260	285	300 $\frac{1}{2}$													
In je 20 Sec. ausgeflossen . .	90	68	43	42	18	25	16													
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	96	64	38	66*	30	18	14													
Nach Transfusion von 300 Ccm. defibrinirten Blutes.																				
Ausgeflossenes Blut in Ccm. .	68	110	145	180	205	221	230**	230**	240	267	267	285	300	305	310	310	314	325	325	330 $\frac{1}{2}$
In je 20 Sec. ausgeflossen . .	68	42	35	35	25	16	9	00	10***	27***	13	9	15***	5	5	0	1	14***	0	5
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	86	30	31	34	20	16	40	4	31	38	26	19	27	17	12	8	11	15	15	9

* Krampf der Skelettmuskeln.

** Zusammenpressen des Unterleibes.

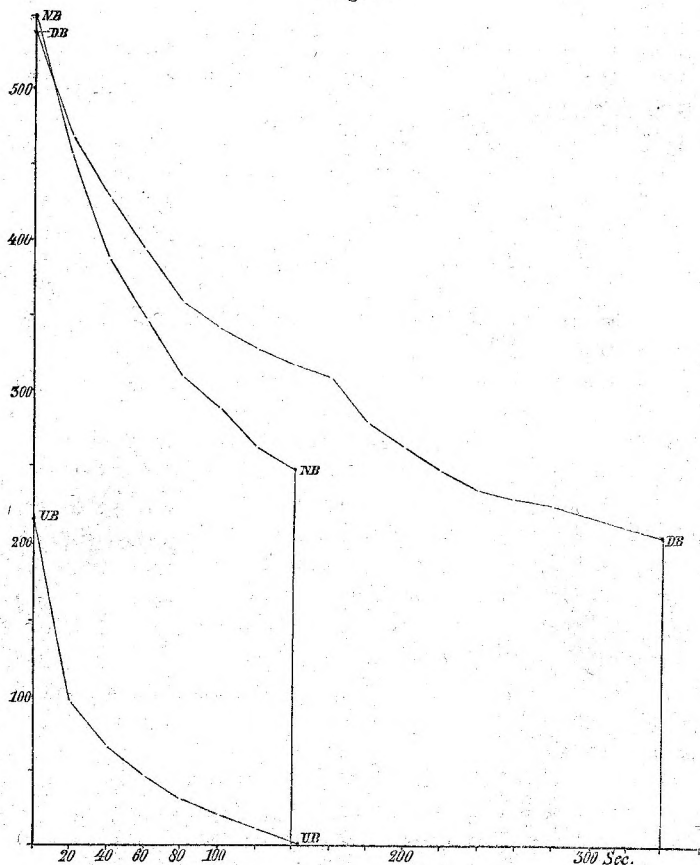
*** Tetanus der Skelettmuskulatur.

† Noch 8 Ccm. in unbestimmter Zeit ausgeflossen.

‡† Noch 14 Ccm. in unbestimmter Zeit.

Die beiden Beobachtungen stimmen darin überein: der Gefäßraum sinkt nach Vollendung der zweiten und dritten Blutung nicht wieder auf den Umfang herab, den er nach der ersten erreichte, die absolute Menge von Blut, welche das Thier hergiebt, ist nach den Transfusionen grösser als vor ihnen.

Fig. 2.



Die Geschwindigkeit, mit welcher die Entleerung erfolgt, ist in den ersten zwanzig Secunden bei der Normalblutung grösser als bei den folgenden, obwohl der Füllungsgrad der Gefässe vor den beiden letzten Blutungen bedeutend grösser

war, sie ist dagegen jenseits der ersten 20 Secunden in den beiden letzten Blutungen die grössere.

Nach der Transfusion des unveränderten Blutes ist die Steilheit der Entleerungen grösser als nach der Einspritzung des defibrinirten; der Ausfluss bringt dagegen im letzteren Falle das Gefässsystem auf einen niedrigeren Inhalt als im ersteren.

Bei der Erklärung dieser Erscheinungen wird man den Verlauf der Curven und den Schlusspunkt derselben gesondert besprechen müssen.

Ihr Verlauf erklärt sich genügend unter der Annahme, dass die elastischen Kräfte, welche das Blut zum Herzen treiben, nach der Transfusion geringer als vor derselben waren. Man würde ähnliche Curven erzeugen können, wenn man elastische Beutel von verschiedener Capacität und Wandstärke mit Flüssigkeit bis zu annähernd gleicher Spannung gefüllt hätte. Beim Ausfluss aus der elastischeren und weniger voluminösen Blase würde der Inhalt nach einer ähnlichen Curve abfallen wie die unseren vor der Transfusion; beim Ausfluss aus einem weicheren und umfangreicheren würde dagegen die genannte Curve denjenigen ähneln, die nach der Transfusion erhalten sind. Der Unterschied in der Steilheit des Abfalls, welchen die Curven darbieten je nachdem das Transfusum natürliches oder defibrinirtes Blut war, würde sich unter Festhaltung der Annahme, dass die Aenderung der Elasticität nur eine Folge der übermässigen Ausdehnung sei, aus dem ungleichen Reibungswiderstand erklären lassen. Da nach der Einführung des natürlichen und des durch Defibrinirung veränderten Blutes die Ausdehnung der Gefässhöhle gleich gross war, so müsste auch das Abfliessen gleich rasch erfolgen, wenn ausser der Elasticität auch die Reibung dieselbe gewesen wäre. In der That entleerten sich aber nach Einspritzung defibrinirten Blutes die Gefässe weniger rasch; dieses könnte man den Form- und Glätteänderungen zuschreiben, welche die rothen Formelemente während der Entfernung des Faserstoffs zu erleiden pflegen.

Schwieriger ist es eine befriedigende Antwort darauf zu geben, wesshalb in den vorstehenden Versuchen der Aderlass nach der Einführung des defibrinirten voluminöser als nach der des natürlichen Blutes ausfiel. Die Annahme, dass die Veränderung der Elasticität ausschliesslich in einer Verminderung der-

selben bestehe, die auf Rechnung der Dehnung zu setzen sei, befriedigt hier nicht, weil die Gefäßshöhle durch die eingeführten Blutarten jedesmal um gleichviel ausgeweitet war. Wenn aber die Ursache dafür, dass die Gleichgewichtslage der Gefäßswand bei verschiedenen Durchmessern der Gefäßshöhle eintritt, nicht auf dem Volum der eingespritzten Flüssigkeit beruht, so muss sie in den specifischen Eigenschaften der letztern liegen. Durch diese müsste der Stoff der Gefäßshaut unabhängig von der Dehnung eine Aenderung seiner Dimensionen erfahren können.

Unter diesem Gesichtspunkte ist es nun auffallend, dass in den vorstehenden Versuchen beidemale das aus den lebenden Gefäßen des einen in die des andern Thieres übergeführte Blut stärker auf die Wand einwirkte, als das durch den Gerinnungsprocess veränderte Blut. Dieses Verhalten des gerinnungsfähigen Blutes tritt jedoch nicht immer ein; im Verlaufe meiner Versuche traf ich u. A. auch auf den Fall, von dem die Zahlen der nachstehenden Tabelle herrühren.

Gewicht des Hundes 6,58 Kilo.

Zeit in Secunden	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Normalblutung.											
Ausgefll. Blutmenge in Ccm.	110	195	230	260	280	295	299	305	310	310	322*
In je 20 Sec. ausgeflossen	110	85	35	30	20	15	4	6	5	0	12
Nach Ueberleitung von 525 Gr. natürlichen Blutes.											
Ausgefll. Blutmenge in Ccm.	175	285	340	378	395	427	448	465	480	500**	
In je 20 Sec. ausgeflossen	175	110	55	38	17	32	21	17	15	20	

* Nach dieser Menge flossen in unbestimmter Zeit noch 44 Ccm. ab, so dass der Gesamtverlust 366 Ccm. betrug.

** Nach Abfluss dieser Menge entleerten sich in unbestimmter Zeit noch 20 Ccm., so dass der Gesamtverlust 520 Ccm. betrug.

Diesem Thiere wurden nach überstandener Normalblutung 157 Ccm. gerinnungsfähigen Blutes (durch Ueberleitung) mehr zugeführt als es durch den vorausgegangenen Aderlass verloren hatte. Als dasselbe wieder abgelassen wurde, verengte sich die Gefäßshöhle nicht nur um ein beträchtliches unter den Umfang,

welchen sie nach der Normalblutung eingenommen, sondern es geschah dieses auch mit einer grössern Geschwindigkeit als vorher, entsprechend der vermehrten Ausdehnung, bei welcher die Blutung begann. In diesem Falle, bei dem allerdings die Ueberfüllung nur mässig gewesen, erscheint darum nicht einmal der Elasticitätscoefficient der Gefässwand vermindert.

Vielleicht ist es darum statthaft zu behaupten, dass die Befähigung zur stofflichen Aenderung der Gefässwand weder an dem defibrinirten noch an dem gerinnungsfähigen Blute als solchem hafte, dass sie vielmehr irgendwelchen Eigenschaften angehöre, die bald der einen und bald der andern Art von Blut zukommen. Diese Annahme wird auch bei der wechselnden Zusammensetzung des Blutes von vorneherein wahrscheinlich.

Um mich zu vergewissern, ob die Erscheinungen, welche bei dem ununterbrochenen Aderlass beobachtet wurden, auch bei dem fractionirten auftreten, stellte ich noch den folgenden nach dem bei *Worm Müller* gegebenen Schema an. — In ihm wurde das Abströmen des Blutes aus der art. carotis dahin geregelt, dass diese geschlossen wurde, wenn 56 bis 58 Ccm. Blut in das Manometer übergeflossen waren. Nachdem die Blutung so lange bis sich die Aorta wieder möglichst vollkommen gefüllt hatte (3 bis 5 Minuten hindurch) unterbrochen gewesen, wurden von Neuem 56 bis 58 Ccm. abgelassen, dann wieder eine Pause eingeführt und dieses so oft wiederholt, als überhaupt noch Blut zu gewinnen war.

Diese Verfahrungsweise wurde an demselben Thiere vor und nach einer Transfusion von 400 Ccm. defibrinirten Blutes angewendet und dabei nachstehender Erfolg beobachtet.

Gewicht des Hundes 6,34 Kilo.

Zahl der Blutentleerungen	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Normalblutung.									
Zeitdauer einer Blutung in Secunden	7	5	9	46					
Volumen einer Blutung in Ccm.	58	57	58	56					
Mittlere Ausflussmenge in einer Secunde	8,2	11,4	6,4	1,2					
Summe des entzogenen Blutes in Ccm.	58	115	163	219					
Arterieller Druck beim Beginn einer Blutung in Mm. Hg.	190	144	136	84					
Nach Transfusion von 400 Ccm. defibrinirten Blutes.									
Zeitdauer einer Blutung in Secunden	6	5,5	6,3	9	16	38	50	204	92
Volumen einer Blutung in Ccm.	57	56	57	57	57	55	55	33	56
Mittlere Ausflussmenge in einer Secunde	9,5	10,2	9,1	6,3	3,5	1,4	1,1	0,1	0,6
Summe des entzogenen Blutes in Ccm.	57	113	170	227	284	339	394	483	410
Arterieller Druck beim Beginn einer Blutung in Mm. Hg.	166	182	186	172	118	58	36	30	28

Bei dieser Modification der Entleerung tritt also dieselbe Reihe von Erscheinungen hervor, die in den Holzschnitten 1 und 2 versinnlicht sind; trotz der grösseren Füllung, auf welche das Gefässsystem nach der Transfusion gekommen, ist die Geschwindigkeit des Abflusses nicht gewachsen; und als der Blutgehalt des Thieres bis auf den vor der Transfusion vorhandenen gesunken war, floss das Blut viel langsamer als bei dem Beginn des ersten Aderlasses ab. Einen besondern Werth erhält der Versuch dadurch, dass das Thier im Verlaufe der zweiten Verblutung mehr entleerte als dasselbe durch die vorhergehende Transfusion empfangen hatte. Denn dadurch ist der Einwand beseitigt, dass ein Theil der eingespritzten Blutmasse irgendwo in die Gewebe ausgetreten sei. — Das Gefässsystem war gefüllter als vor der Transfusion und dennoch trieb es seinen Inhalt mit geringerer Geschwindigkeit aus.

Die Messungen der Geschwindigkeit, mit welcher das Blut aus der geöffneten Arterie hervortrat, bestätigen demnach die Folgerungen, welche *Worm Müller* aus seinen Druckbestimmungen gezogen hatte. Wenn die Lichtungen der kleinern Gefässe über ihr normales Maass ausgedehnt werden, so nimmt die Elasticität ihrer Wandungen ab, in Folge dessen ihre Spannung trotz der grösseren Ausdehnung nicht zunimmt. Die Ursache hierfür liegt aber nach meinen Beobachtungen nicht blos in der elastischen Reckung der Gefässwand, sondern zum Theile wenigstens in irgendeiner Umwandlung ihres Stoffes.
