

Welcher Bestandtheil des Erstickungsblutes vermag den diffundirbaren Sauerstoff zu binden.

Von

Dr. N. Afonassiew.

Nach zahlreichen und auf mannichfache Weise variirten Beobachtungen, welche von *Alex. Schmidt* angestellt wurden, besitzt das sogenannte Erstickungsblut die Eigenschaft, einen Theil des Sauerstoffgases, das ihm von aussen her zugeführt wurde, so umzuwandeln, dass dasselbe durch den luftleeren Raum nicht mehr auszutreiben ist; an die Stelle eines aliquoten Theils des verschwundenen Sauerstoffes tritt Kohlensäure. Dieses Verhalten des Erstickungsblutes fand *Pflüger* in zwei Beobachtungen bestätigt. — An welchen Bestandtheil des Blutes, ob an den aufgeschwemmten oder an den flüssigen, sich die Eigenschaft knüpft das Sauerstoffgas zu verzehren, blieb hierbei unerledigt. Die Aufklärung hierüber gewann ein erhöhtes Interesse, seitdem *Hammarsteen* gefunden hatte, dass die Lymphe kein entsprechendes Verhalten aufzeigt. Einer Aufforderung des Herrn Prof. *Ludwig* zu Folge habe ich es deshalb unternommen, die aufgeworfene Frage zu beantworten.

Um zu entscheiden, ob das Serum oder die in demselben aufgeschwemmten Stoffe das diffundirbare Oxygen in feste Verbindungen überführen, ist es selbstverständlich genügend, den Versuch einestheils am Serum und andernteils am Gesamtblut anzustellen. Zunächst schien es mir jedoch gerathen, die Untersuchung mit dem Serum des Erstickungsblutes allein zu beginnen, ebensowohl darum, weil sich hierdurch die Beobachtung wesentlich vereinfachte, als auch desshalb, weil sich durch dieses Verfahren die ganze Frage erledigen liess, vorausgesetzt dass dasselbe zu einem positiven Resultate geführt haben würde.

Der Plan, nach welchem der Versuch ausgeführt werden sollte, war mir von meinen Vorgängern schon vorgezeichnet; er bestand darin, die Gase des Serums aus dem Erstickungsblute für sich allein und ebenso die Gase eines beliebigen arteriell gemachten frischen Blutes für sich allein, und endlich die eines Gemenges aus den beiden ebengenannten Flüssigkeiten abzuscheiden und zu analysiren. Die Ausführung dieses Planes im Einzelnen gestaltete sich folgendermassen. Ein starker Hund, dem eine weite Cantile in die eine seiner Carotiden eingebunden war, wurde erstickt; da es sich darum handelte, mehrere hundert Cbc. Blut zu gewinnen, so wurde der Anfang mit dem Aderlass gemacht, bevor noch das Auge seine reflectorische Empfindlichkeit vollkommen eingebüsst hatte. Das Merkzeichen für die Zeit des Aderlasses nahm ich aus der tiefdunklen Farbe, die das Blut angenommen, welches probeweise durch die Cantile abgelassen worden war. Derjenige Theil des Letzteren, welcher zur analytischen Verwendung kommen sollte, wurde auf bekannte Weise über Quecksilber in Glasröhren aufgefangen, deren obere und untere Oeffnung in den beiden ersten Versuchen mit luftdichtem Kautschuk, in allen späteren durch eingeschmolzene Glashähne verschlossen waren. Nachdem die gewünschte Menge von Blut auf mehrere Röhren vertheilt gewonnen worden war, wurde dasselbe nach Vollendung seiner Gerinnung der Centrifuge übergeben, um dort die Abscheidung des Serums zu veranlassen. War dieses geschehen, so wurde unter Abschluss der Luft das vollkommen farbstofffreie Serum, welches in den verschiedenen Röhren vorhanden war, in eine Glaskugel übergeführt, von deren Polen zwei Glasröhren mit luftdichtschliessenden Hähnen ausgingen. Das in dieser Kugel durcheinander geschüttelte Serum wurde auf die Blutgefässe vertheilt, welche an die Luftpumpe gehören. Zwei dieser letzteren Gefässe wurden zurückgesetzt, damit später aus ihnen der Luftgehalt des Serums bestimmt werden konnte; ein drittes wurde dagegen zur Mischung mit dem arteriellen Blute verwendet. Da die Volumina der Bestandtheile des Gemenges sehr genau bekannt sein müssen, so bediente ich mich zur Abmessung derselben der mit einem Hahn versehenen gläsernen Kugelröhren, welche im hiesigen Laboratorium als sogenannte Recipienten der Gaspumpe im Gebrauche sind. Ein solches Gefäss von bekanntem Inhalt ward also mit Serum gefüllt und darauf unter Quecksilber in

ein anderes ähnliches Gefäss entleert, welches mehr als doppelt so viel Rauminhalt wie das erstere besass. Hierauf wurde das kleinere Gefäss sorgfältig gereinigt und getrocknet und nun mit dem arteriellen Blut gefüllt, worauf alsdann dieses letztere ebenfalls in den grossen Recipienten zu dem Serum gebracht ward. Auf diese Weise erlangte man die Gewissheit, dass das Gemenge zu gleichen Theilen aus Blut und Serum bestand. Selbstverständlich konnte statt des eben genannten Verhältnisses der Bestandtheile auch jedes andere gewählt werden, wenn man statt gleich grosser ungleich grosse Recipienten in Anwendung brachte. Zu diesem letzteren Mischungsverhältniss habe ich in der That mehrmals gegriffen, wobei für mich die Mengen des zu Gebote stehenden Serums bestimmend wirkten. Nachdem in der grössern Kugel Blut und Serum gut durcheinander geschüttelt waren, wurde der Inhalt derselben auf zwei kleinere Recipienten vertheilt, so dass nun nicht allein das Verhältniss der Mischung, sondern auch das absolute Volum derselben, welches zum Entgasen diente, bekannt war. Die vierfache Ueberfüllung des Serums aus einem Gefäss in ein anderes erforderte die Vorsichtsregel, die Vertauschung desselben gegen Quecksilber erst dann vorzunehmen, nachdem dieses letztere vor der Pumpe luftfrei gemacht worden war. — Das Blut, welches dem Serum zugesetzt wurde, ward einem zweiten Hund entzogen, und zwar jedesmal unmittelbar nach der Gewinnung des Erstickungsblutes.

Nach den oben geschilderten Vorbereitungen standen nun drei Paare von Gefässen für die Abspumpung bereit. Die Reihenfolge dieser letztern selbst wählte ich so, dass zuerst das arteriell gemachte Blut, dann das reine Serum, und endlich das Gemenge aus beiden an die Pumpe gebracht wurde. Die Entgasung sämmtlicher Flüssigkeit war jedesmal in 6 Stunden vollendet.

Kaum wird es noch der Bemerkung bedürfen, dass die Flüssigkeiten vor und nach ihrer Ueberfüllung bis zum Beginn des Abspumpens in Eiswasser aufbewahrt wurden. Wohl aber halte ich es für wichtig zu erwähnen, dass die Centrifuge in einem ungeheizten Raume stand, der, weil diese Versuche im Winter ausgeführt worden sind, nur wenige Grade über Null temperirt war.

Aus den auf diese Weise vorbereiteten Flüssigkeiten habe

ich die nachstehend verzeichneten Zahlen gewonnen. Um den Grad der Uebereinstimmung zu zeigen, welcher zwischen den verschiedenen Analysen desselben Gasgemenges besteht, sollen zuerst die Zahlen aus sämtlichen Beobachtungen, bei denen das Serum des Erstickungsblutes in Verwendung kam, aufgeführt werden. Die Gasvolumina sind auf ein Meter Hg. und 0° C. reducirt und für 100 Volumina Flüssigkeit berechnet.

	Gesammtgase	CO ₂	O.	N.
I.				
Serum des Erstickungsblutes	a 44,30 ⁴	43,18	0,11	1,02
	b 44,36	43,20	0,10	1,05
Arterienblut	a 31,88	14,75	15,44	1,69
	b —	14,84	—	—
Gemenge aus gleichen Theilen Serum und Arterienblut	a 38,06	28,98	7,72	1,36
	b 38,10	28,97	7,78	1,35
II.				
Serum des Erstickungsblutes	a 46,60	45,75	0,09	0,76
	b 46,62	45,62	0,11	0,80
Arterienblut	a 30,51	15,97	13,00	1,54
	b 30,50	16,24	13,10	1,20
Gemenge aus gleichen Theilen Serum und Arterienblut	a 38,35	30,53	7,82	—
	b 38,08	30,39	6,59	1,09
III.				
Serum des Erstickungsblutes	a 41,73	40,71	0,10	0,92
	b 41,68	40,69	0,09	0,90
Arterienblut	a 35,00	18,22	15,20	1,58
	b 35,07	18,13	15,30	1,64
Gemenge von Serum zum arteriellen Blut im Verhältniss von 77,31 zu 100,00	a 37,83	27,93	8,60	1,30
	b 37,77	27,96	8,52	1,27
IV.				
Serum des Erstickungsblutes	a 53,65	52,79	0,04	0,82
	b 53,54	52,60	0,00	0,94
Arterienblut	a 33,46	18,12	14,06	1,28
	b 33,31	18,16	14,10	1,05
Gemenge von Serum zum arteriellen Blut im Verhältniss von 57,0 zu 43,0	a 44,73	37,73	5,85	1,15
	b 44,60	37,60	7,00	—

	Gesammtgase	CO ₂	O.	N.
V.				
Serum des Erststickungsblutes.	a 46,13	45,20	0,04	0,89
	b 46,17	45,26	0,05	0,86
Arterienblut	a 42,54	22,77	18,78	0,99
	b 42,65	22,99	18,68	0,98
Gemenge von Serum zum arteriellen Blut im Verhältniss von 60,1 zu 39,9	a 44,62	36,08	7,53	1,01
	b 44,52	36,10	7,42	1,00

Um zu erfahren, welche Antwort die vorstehenden Zahlen auf die erhobene Frage ertheilen, wird es nothwendig, aus je einem Paare von Analysen desselben Gasgemisches das Mittel zu ziehn, darauf aus den Bestandtheilen des Blutes und des Serums für sich die Zusammensetzung der Gase zu berechnen, welche das Gemenge aus Blut und Serum zu liefern befähigt war und schliesslich diesen berechneten Werth mit dem zu vergleichen, welcher aus der Mischung der genannten Flüssigkeiten wirklich erhalten war. Das Ergebniss dieser Rechnung ist in der folgenden Tabelle enthalten.

	CO ₂	O.	N.
I.			
Serum	43,19	0,11	1,04
Arterienblut	44,79	15,44	1,69
Gemenge aus beiden gefunden	28,98	7,75	1,36
Gemenge aus beiden berechnet	28,99	7,77	1,37
II.			
Serum	45,69	0,10	0,83
Arterienblut	16,16	13,05	1,37
Gemenge aus beiden gefunden	30,46	6,59	1,09
Gemenge aus beiden berechnet	30,93	6,56	1,10

	CO ₂	O.	N.
III.			
Serum	40,70	0,10	0,91
Arterienblut	18,18	15,25	1,61
Gemenge aus beiden gefunden	27,94	8,56	1,29
Gemenge aus beiden berechnet	27,99	8,64	1,31
IV.			
Serum	52,70	0,02	0,88
Arterienblut	18,14	14,08	1,17
Gemenge aus beiden gefunden	37,67	5,85	1,15
Gemenge aus beiden berechnet	37,83	6,06	1,00
V.			
Serum	45,23	0,05	0,88
Arterienblut	22,88	18,73	0,99
Gemenge aus beiden gefunden	36,09	7,48	1,00
Gemenge aus beiden berechnet	36,31	7,50	0,93

Wenn man die aus dem Gemenge gefundenen mit den aus seinen Bestandtheilen berechneten Zahlen vergleicht, so ist zu erkennen, dass die Abweichungen zwischen beiden sehr unbedeutend sind. Dieses tritt am überzeugendsten hervor durch die Bildung einer Mittelzahl aus sämmtlichen Beobachtungen. Für die Kohlensäure beträgt die gefundene Zahl 32,23%, die berechnete dagegen 32,10%, während für den Sauerstoff der gefundene Werth sich auf 7,24%, der berechnete dagegen auf 7,31% beläuft. Die Abweichungen, welche diese Zahlen zeigen, liegen vollkommen innerhalb der Grenzen des analytischen Fehlers. Wollte man trotzdem in derselben einen Fingerzeig für die Veränderung des Erstickungsserums durch das arterielle Blut finden, so würde man in unserer Flüssigkeit auf einen wesentlich andern Vorgang als im Gesamtblute zu schliessen haben, da sich im Erstickungsserum mit dem verschwindenden Sauerstoff auch die CO₂ mindert, während sich im Erstickungsblute

bei demselben Verhalten des O die CO_2 mehr. Somit lassen, wie es scheint, die vorstehenden Beobachtungen keinen Zweifel darüber, dass in dem zur Verwendung gekommenen Erstickungsserum kein Stoff enthalten gewesen war, der unter Aufnahme des Sauerstoffs aus den Blutscheiben eine Bildung von Kohlensäure veranlasst hatte.

Um diese für die verwendeten Serumsarten gültige Antwort zu verallgemeinern, reichen jedoch die vorliegenden Beobachtungen nicht aus, da es nach den Erfahrungen von *Alex. Schmidt* feststeht, dass es, wenn auch in seltenen Fällen, Erstickungsblut geben kann, welchem die leichtverbrennlichen Stoffe fehlen. Somit würden meine Beobachtungen erst dann für die Behauptung eintreten, dass die genannten Stoffe nicht im Serum des Erstickungsblutes enthalten seien, wenn nachgewiesen wäre, dass das Blut, dem sie entnommen, mit Substanzen, welche Sauerstoff verzehren, behaftet gewesen sei. Dieser Nachweis musste also angetreten werden. Die zu diesem Ende unternommenen Versuche gestalten sich allerdings sehr complicirt, da sich zu den für die Prüfung des Serums nothwendigen Operationen noch die weiteren hinzugesellen, das Erstickungsblut, welchem das Serum entnommen, ist für sich und nach Zusatz einer abgemessenen Menge von Sauerstoff zu entgasen, so dass statt dreier nun fünf Paare von Auspumpungen nothwendig werden. Obwohl auch diese grössere Zahl von Entgasungen bei angestrenzter Arbeit in einem Tage zu bewältigen ist, so kann doch der Verdacht nicht abgewiesen werden, dass sich die Zusammensetzung der Gase in dem länger aufbewahrten Blute verändert habe bez. nicht dieselbe geblieben sei, welche ihr im lebenden Blute zukam. Glücklicherweise lässt sich jedoch das aus diesem Umstande fliessende Bedenken beseitigen, wenn es, wie im vorliegenden Falle, nur auf den Nachweis ankommt, dass wohl das gesammte Erstickungsblut, nicht aber das Serum mit Substanzen versehen sei, die den diffundirbaren Sauerstoff in eine feste Verbindung überführen. Unter dieser Voraussetzung wird der fehlerhafte Schluss, welcher aus der postmortalen Veränderung entstehen kann, vermieden, wenn man die Reihenfolge der Auspumpungen in der nachstehenden Ordnung wählt: Entgasen 1. des Erstickungsblutes, welchem Sauerstoff zugesetzt ist, 2. des Erstickungsblutes, für sich allein, 3. des arteriell

gemachten Blutes, 4. des Gemenges aus Serum des Erstickungs- und des arteriell gemachten Blutes, 5. des Serums für sich allein. Bei dieser Anordnung des Versuchs wird offenbar die postmortale Verzehrerung des Sauerstoffs im Erstickungsblute weit kleiner als die in dem Gemenge aus arteriellem Blut und Serum werden müssen, so dass ein Unterschied, der sich in der Bindung des Oxygens darlegt, sicherlich auf Rechnung ursprünglicher Eigenschaften des Gesamtblutes zu schreiben ist. Zwei Beobachtungen, die ich nach dem mitgetheilten Plan ausführte, ergaben folgende Zahlen. Da die im Serum gefundenen Gase schon ausführlich unter Nr. 4 und 5 in der Tabelle auf Seite 256 aufgeführt sind, so kann ich mich hier auf eine Erwähnung der Mittelzahlen beschränken, so dass nur die aus dem gesammten Erstickungsblut für sich und nach Zusatz von Sauerstoff gewonnenen Resultate ausführlicher anzugeben sind.

	Gesamtgase	CO ₂	O.	N.
I.				
Erstickungsblut	a 47,73	45,09	4,51	1,13
	b 47,50	45,06	4,44	1,00
Erstickungsblut mit 11,12 p. C. Sauerstoff	a 58,86	45,44	11,85	1,60
	b 58,75	45,49	11,86	1,40
Serum des Erstickungsblutes	—	52,70	0,02	0,88
Arterienblut	—	18,14	14,08	1,17
Gemenge aus beiden	—	37,67	5,85	1,15
II.				
Erstickungsblut	a 40,35	39,26	0,10	0,99
	b 40,35	39,32	0,09	0,94
Erstickungsblut mit 11,06 p. C. Sauerstoff	a 54,45	40,17	13,12	1,16
	b 54,53	40,27	13,11	1,15
Serum des Erstickungsblutes	—	45,23	0,05	0,88
Arterienblut	—	22,88	18,73	0,99
Gemenge aus beiden	—	36,09	7,48	1,00

Zieht man aus den Doppelanalysen, welche mit dem Erstickungsblut für sich und nach Zusatz von Sauerstoff zu dem-

selben gewonnen sind, das Mittel, so gelangt man zu den folgenden Zahlen:

	CO ₂	O.	N.
I.			
Erstickungsblut für sich	45,08	1,48	1,07
Erstickungsblut mit 11,12 p. C. O.	45,45	11,86	1,50
II.			
Erstickungsblut für sich	39,29	0,10	0,97
Erstickungsblut mit 14,06 p. C. O.	40,22	13,12	1,16

Aus ihnen ergibt sich, dass in der ersten Beobachtung von dem zugesetzten Sauerstoff 0,74 Volumina verschwunden und 0,37 Volumina mehr an Kohlensäure aufgetreten sind. In dem Serum desselben Blutes waren dagegen nach dem Zusatz sauerstoffreicher Scheiben nur 0,21 Volumina Sauerstoff verschwunden und 0,16 Volumina CO₂ gewonnen.

In der zweiten Beobachtung waren aus dem Erstickungsblute nach Sauerstoffzusatz 1,04 Vol. O verschwunden und 0,93 Vol. CO₂ eingetreten. In dem Serum desselben Blutes war dagegen nach Zusatz von sauerstoffhaltigen Scheiben gar kein O verschwunden, dagegen 0,24 Vol. CO₂ weniger als man zu erwarten hatte aufgefunden. Dieses Resultat drückt sich in Worten dahin aus, dass die Substanz, welche zu Bindung von Sauerstoff und zur Entwicklung von Kohlensäure Veranlassung giebt, in den aufgeschwemmten Theilen des Blutes (rothe und weisse Körperchen) mindestens in weit reicherm Maasse als in dem Serum vorkommt. Ja es wird nach den Angaben, welche die Untersuchung des Serums für sich allein liefert, in hohem Grade wahrscheinlich, dass jene leicht zersetzbaren Substanzen diesem letzteren ganz fehlen.

Nach der Wendung, welche durch diese Untersuchung die Frage von den leicht oxydirbaren Stoffen des Erstickungsblutes

genommen hat, würden dieselben für die normale Respiration von Bedeutung sein, wenn sich nachweisen liesse, dass sie regelmässig und ununterbrochen in den aufgeschwemmten Blutbestandtheilen entstünden. Solange hierüber kein Aufschluss gewonnen ist, und solange es zweifelhaft bleibt, ob jene Stoffe an den rothen oder weissen Körperchen haften, wird es rathsam sein, weitere Folgerungen zu unterdrücken.
