

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen
Hochschule zu Berlin.)

Eine neue Methode zur Messung der circulirenden Blutmenge und der Arbeit des Herzens.

Vorläufige Mittheilung.

Von

N. Zuntz.

Die bisher bekannten Methoden zur Messung der vom Herzen in die Aorta ausgeworfenen Blutmengen sind theils sehr ungenau, theils so schwierig in der Ausführung, dass eine grössere Anzahl Bestimmungen mit ihrer Hülfe nicht gemacht worden ist. Das letztere gilt namentlich von der Methode der Berechnung dieses Werthes aus dem Unterschied des Gehaltes des arteriellen und venösen Blutes und der gleichzeitigen Bestimmung der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureausscheidung des Körpers.

Diese an sich tadellose, von Fick zuerst vorgeschlagene Methode ist nur in einer kleinen Versuchsreihe von Gréhan t und Quincaud am Hunde und in einer bis jetzt nur theilweise publicirten Untersuchung von Hagemann und mir am Pferde zur Anwendung gekommen.

Meine neue Methode beruht auf folgender Erwägung. Der Blutdruck in der Aorta wird bestimmt durch die Summe der mit der wechselnden Innervirung der Gefässmuskeln variirenden Widerstände, und durch die Blutmenge, welche das Herz in der Zeiteinheit in die Aorta einpresst. Wenn die Thätigkeit des Herzens plötzlich aufhört, kann man den Blutdruck dadurch auf seiner normalen Höhe erhalten, dass man auf irgend einem Wege der Aorta ebenso viel Blut zuführt, wie sie vorher vom Herzen erhielt. Man wird also die vom Herzen gelieferte Blutmenge durch diejenige messen können, welche man nach seiner Stillstellung in die Aorta

injiciren muss, damit die manometrisch gemessene Spannung auf ihrer vorigen Höhe bleibt.

Die Ausführung des durch diese Erwägung vorgezeichneten Versuchs gestaltet sich folgendermaassen: Vorübergehender Stillstand des Herzens wird in bekannter Weise durch Vagusreizung erzielt. Man weiss, dass nach dieser Einwirkung der Blutdruck rapide auf einen minimalen Werth herabsinkt, und dass dieses Sinken in dem Momente beginnt, in dem die zu erwartende Systole unterdrückt wurde. Der Blutdruck wird durch ein mit der Schenkelarterie des Versuchstieres unterhalb des Abgangs der Arteria profunda verbundenes Quecksilbermanometer angezeigt. In den freien Schenkel dieses Manometers ist ein Platindraht eingeführt, welcher in jeder beliebigen Tiefe fixirt werden kann, und welchen man unmittelbar vor Ausführung des messenden Versuchs so einstellt, dass er bei dem grade herrschenden mittleren Blutdruck mit der Kuppe des Quecksilbers in Kontakt tritt. In Folge dessen findet, so lange die normale Herzarbeit dauert, beim Steigen der Pulswelle ein Kontakt, beim Sinken eine Unterbrechung statt.

Der Platindraht und die Quecksilbersäule gehören einem von 3 kräftigen Bunsenelementen gespeisten Stromkreis an, in welchem ausserdem ein starker Elektromagnet sich befindet. Der Anker desselben ist mit einem Hebel verbunden, welcher einen Gummischlauch zudrückt, sobald er angezogen wird, und dessen Lumen freigibt, wenn er von dem Magneten losgelassen wird. Dieser Schlauch führt von einer mit Blut gefüllten, auf Körpertemperatur erwärmten Bürette auf kürzestem Wege durch eine möglichst weite Canüle in das centrale Ende der Carotis des Versuchstieres. Die Bürette ist oben geschlossen und mit einem Druckgefäss verbunden, welches komprimirte Luft unter einem Ueberdruck von 300 mm Quecksilber enthält. Es wird daher, wenn die Leitung zwischen Bürette und Arterie offen ist, das Blut mit grosser Vehemenz in das Aortensystem des Thieres eingepresst. Man lässt den Strom des Blutes in dem Moment beginnen, in welchem das Manometer in Folge der eingeleiteten Vagusreizung zu sinken beginnt. Wenn dann das Manometer den vorher herrschenden Mitteldruck, auf welchen der Kontakt eingestellt ist, übersteigt, tritt der Elektromagnet in Thätigkeit und sperrt den Blutzufluss so lange ab, bis der Druck wieder ein wenig unter jenen Werth herabgesunken ist. In dieser Weise findet ein rhythmisches Einströmen der zur Erhaltung des

mittleren Druckes nöthigen Blutmenge in die Aorta statt. Nach 5—15 Sekunden wird der Versuch durch Absperrung der Bürette und durch Unterbrechung der Vagusreizung beendet. Die Dauer desselben wird mit Hülfe einer $\frac{1}{3}$ Sekunden markirenden Uhr möglichst scharf bestimmt und die eingeströmte Blutmenge nachträglich an der Bürette abgelesen.

Zuweilen reicht der Injektionsdruck nicht aus, um den Aortendruck auf seiner normalen Höhe zu erhalten. Dann ist der gefundene Werth natürlich zu klein. Ebenso beobachtet man Minimalwerthe, wenn die Vagusreizung nicht stark genug war und in Folge dessen ein Herzschlag, der sich stets deutlich am Manometer markirt, während des Versuches stattfand. Wenn man den Versuch nicht zu lange dauern lässt, erreicht die stärkere Füllung des Venensystems keinen so hohen Grad, um das Versuchsergebniss zu beeinträchtigen. Wenn man aber eine solche Beeinträchtigung fürchtet, kann man während des Versuchs durch eine von der Jugularvene bis in die obere Hohlvene vorgeschobene Canüle annähernd so viel Blut ausfliessen lassen, wie gleichzeitig aus der Bürette ins Arteriensystem einfliesst. Als Beispiel für die Versuche diene die folgende Tabelle, welche die an einem männlichen 4850 gr schweren, mit 0,02 gr Morphinum narkotisirten Hunde vorgenommenen Messungen enthält.

Nr.	Zeit	vorher		Einstromung		Strömung p. Min.	Strömung p. Systole	Volum des vorhergehen- den Ader- lasses ccm
		Blut- druck	Pulse p. Min.	Zeit (Sek.)	Volumen ccm			
1	1 h 41	82	100	$10\frac{3}{4}$	29	162	1,62	0
2	45	132	84	$7\frac{1}{2}$	69,5	556	6,62	0
3	2 h 15	172	80	$12\frac{1}{4}$	77	377	4,71 <	0
4	30	132	100	7,4	98	795	7,95 <	118
5	45	81	113	13,8	69	300	2,66	0
6	53	82	106	15,0	101	404	3,81	29
7	3 h 0	81	80	16,6	91	329	4,11	50
8	6	90	100	16,6	100	362	3,62 <	64
9	12	87	92	12,0	75,5	377,5	4,10	76
10	18	103	112	7,2	49,5	512,5	3,68	55,5
11	27	107	92	11,0	93	507	5,51 <	43,5
12	36	122	100	11,0	85,5	466	4,66	20,0
13	42	82	?	12,0	65	325	— <	59,5
14	53	87	92	11,0	67	365,5	3,96	72,0
15	57	107	108	10,0	93	558	5,17 <	0

Die mit < bezeichneten Messungen sind zu klein ausgefallen.

Bei Nr. 1, 2 und 3 diente das mit seinem gleichen Volumen physio-

logischer Kochsalzlösung gemischte Blut eines gestern getödteten Hundes zur Injection.

Nr. 3 ist ein Minimalwerth, da das Manometer in den letzten 3 Secunden nicht mehr die normale Höhe erreichte.

Bei Nr. 4 wurde ein Theil des vorher durch Aderlass gewonnenen eigenen Blutes, gemischt mit 12 ccm einer 10% Lösung von Witte's Pepton injicirt. In diesem Versuche wurde trotz des vorangegangenen Aderlasses die grösste Stromgeschwindigkeit beobachtet: das Pepton scheint sehr prompt eine Erweiterung der kleinen Arterien zu bewirken. Der Versuch giebt einen Minimalwerth, aus demselben Grunde wie Nr. 3.

Nr. 5 ist ein sehr guter Versuch, da der Electromagnet bis zum Schluss fast im Tempo der Pulse das Einströmen unterbrach, injicirt wurde defibrirtes Blut und 0,7% Kochsalzlösung zu gleichen Theilen.

Nr. 6. Das eben entleerte durch die Peptoninjection an der Gerinnung verhinderte Blut diente mit etwas mehr als der gleichen Menge physiologischer Kochsalzlösung zur Injection. In gleicher Weise wurde in allen folgenden Versuchen verfahren, bei denen also der Blutvorrath des Thieres keine erheblichen Veränderungen mehr erfuhr.

Nr. 8 ist Minimalwerth, da gegen Ende des Versuchs eine allerdings rudimentäre Systole erfolgte.

Nr. 11 ist Minimalwerth, da zum Schluss der Blutdruck um etwa 15 mm absank, während im Anfang der Electromagnet mehrmals thätig war. — Der Widerstand gegen das Einströmen muss daher während des Versuchs geringer geworden sein; während der untere Theil der Bürette reines Blut enthielt, war dasselbe im oberen mit Kochsalzlösung stark verdünnt. Die weniger zähe Flüssigkeit floss offenbar leichter durch die Capillaren ab.

Nr. 12 ist ebenfalls Minimalwerth, gegen Schluss des Versuches sank wiederum der Blutdruck; die Ursache ist wahrscheinlich die gleiche wie im vorigen Versuche.

Nr. 13. In der letzten Secunde geringes Absinken des Druckes; der Werth ist nur sehr wenig zu klein. In diesem Falle hatte das injicirte Blut eine Temperatur von 49° C. — Die hohe Temperatur scheint die Strömung nicht erheblich zu beeinflussen.

Nr. 15. Die Bürette enthielt physiologische Kochsalzlösung mit nur wenig Blut.

Unter Umständen wird man eine graphische Controle des Versuches wünschen. Die hierzu geeigneten Vorrichtungen, welche auf mehrfache Art angeordnet werden können, sollen später beschrieben werden. — Die Berechnung der Herzarbeit aus der ausgeworfenen Blutmenge, der Stromgeschwindigkeit und dem Blutdrucke erfolgt in bekannter Weise.