

Registrierung der Herzcontractionen bei *Anodonta mutabilis*.

Von Dimitri Neniukoff.

Aus dem physiologischen Institut der Kais. Universität Moskau.

In letzter Zeit erscheinen vergleichend-physiologische Untersuchungen immer öfter, und beweist das Vorhandensein solcher Zeitschriften wie die *«Zeitschr. für allgem. Physiologie»*, und das Erscheinen solcher Werke wie Otto von Fürth's *«Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere»*, dass die vergleichende Physiologie gegenwärtig eine ziemlich feste Stellung eingenommen hat. Ich bin fest davon überzeugt, dass der Tag nicht mehr fern ist, wo dieselbe zu voller Herrschaft gelangt sein wird, und stimme daher denjenigen Physiologen nicht bei, welche die Bedeutung einzelner Monographien aus dem Bereich der Wirbellosen in Abrede stellen, da solche, ihrer Ansicht nach, zwecklos sind. Es kann ja nicht abgeleugnet werden, dass zu einem richtigen Vergleich es eines genügend reichhaltigen und kritisch bearbeiteten Materials bedarf; ein solches kann aber natürlich nur aus einzelnen Arbeiten geschöpft werden.

Als Gegenstand meiner Untersuchungen zu der vorliegenden Arbeit wählte ich das Studium der Herzcontractionen bei *Anodonta*, da das Herz dieses Tieres interessante Besonderheiten bietet und fast noch garnicht erforscht ist. Es giebt auf diesem Gebiete nur eine Arbeit: Villem, V., *Recherches expérimentales sur la circulation sanguine chez l'Anodonte*. (Mem. cur. et Mem. savants étrangers, publ. p. l'Académie R. Belgique, T. 57, 1899). Meine Untersuchungsmethode bestand in Folgendem: Das Tier wurde in ein Gefäss mit ebenen parallelen Wänden gesetzt und demselben von der dorsalen Seite aus, über der Stelle, wo sich das Herz befindet, die Muschel und der Herzbeutel geöffnet. Mit einem Serfine wurde ein kleiner Teil des Herzens erfasst und mittels eines Fadens mit einem um eine Achse drehbaren Hebel verbunden. An das andere Ende des Hebels war ein Gewicht geschraubt, welches die Schwere regulirte. Bei jeder Contraction neigte sich der Hebel, hob sich aber wieder infolge des Gewichts am andern Ende. Ein Hebel registrirte die Contractionen der Kammer, ein anderer diejenigen der Vorkammer. Beide Hebel waren vor den Spalt eines dunkeln Kastens gebracht, in welchem sich eine durch ein Uhrwerk getriebene Trommel mit einem Streifen lichtempfindlichen Papiers befand. In einiger Entfernung war eine Lichtquelle (eine Nernst'sche Lampe) aufgestellt. Somit war nach der Entwicklung des lichtempfindlichen Papiers der Grund schwarz; die Stellen aber, auf die der Schatten der sich bewegenden Hebel gefallen war, wurden als eine helle Linie erhalten, welche die Curve der Herzcontractionen vorstellte. Unter den gegenüber dem Spalt befindlichen Hebeln, befand sich der Hebel

eines elektromagnetischen Vermerkers, in dessen Kreis ein Metronom eingeschaltet war, welches den Strom jede Secunde öffnete und wieder schloss. Auf diese Weise wurde die Zeit registrirt. Beim Beginn des Versuchs gab die Trommel ein Glockensignal, indem sie den Kreis einer elektrischen Glocke schloss, und nach einer vollen Umdrehung ein zweites Signal. Beim ersten Signal zündete die Lampe sich an, beim zweiten erlosch sie. Auf diese Art war die Möglichkeit genommen, dass ein und dieselbe Curve zweimal an ein und derselben Stelle photographirt würde. Behufs Verlangsamung der Geschwindigkeit war der Regulator der Trommel mit Flügeln versehen, und diese so berechnet, dass die Oberfläche der Trommel 1 cmt. in 8 Sec. zurücklege. Eine solche Geschwindigkeit ist unserer Ansicht nach die zweckmässigste, da die Herzcontractionen sehr langsam aufeinander folgen.

Ich theile meine Untersuchungen in 2 Teile und zwar in 1) die Untersuchung der Contractionen der Kammer und 2) die Untersuchung der Contractionen der Vorkammer.

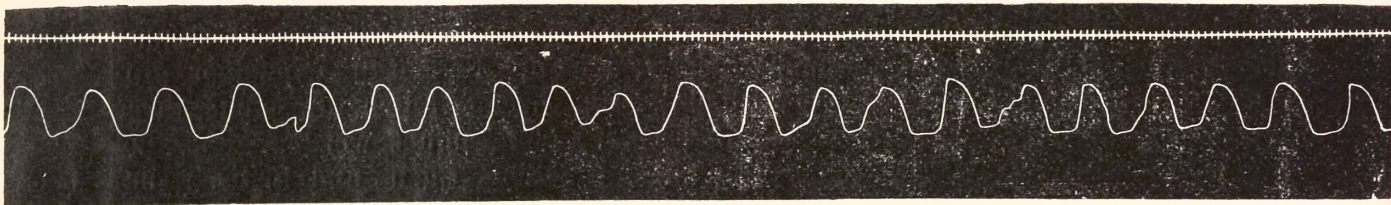
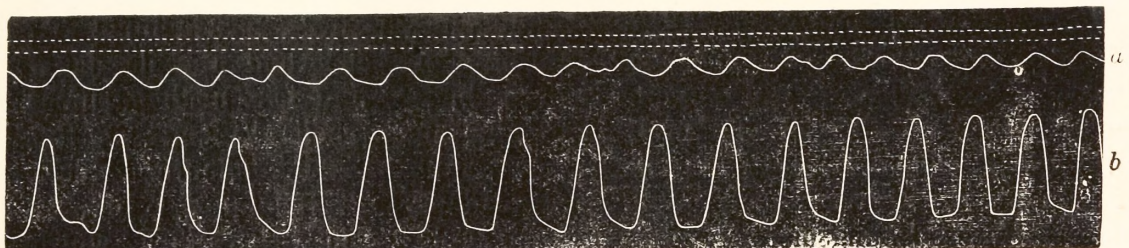
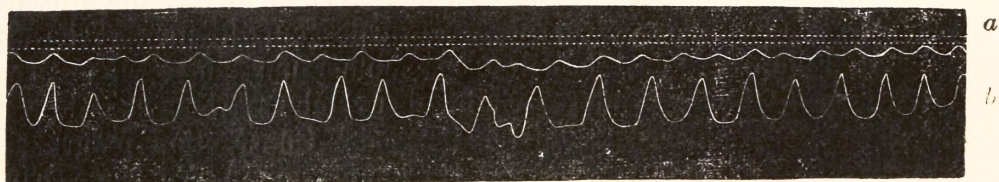


Fig. 1. Kammer.

Fig. 2. Vorkammer—*a*, Kammer—*b*.Fig. 3. Vorkammer—*a*, Kammer—*b*.

Alle obenstehenden Curven №№ 1, 2 und 3 müssen von rechts nach links gelesen werde. Jede Hebung der Curve entspricht der Systole, jede Senkung der Diastole. Die oberen punktirten Linien bezeichnen die mittels des elektromagnetischen Vermerkers auf obenbeschriebene Art registrirten Secunden. Alle 3 Curven beziehen sich auf verschiedene Exemplare.

Auf Curve № 1 ist nur die Kammer registrirt, Curve № 2 stellt gleichzeitig die Contractionen der Kammer und der Vorkammer dar. Dasselbe gilt von Curve № 3.

Die nachstehende Tafel zeigt den Process der Herzschläge in der in Secunden gegebenen Zeit.

Curve № 2.				Curve № 3.			
№	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.	№	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.
1	10,5	4,5	6	1	10	3,5	6,5
2	9	3	6	2	10	4	6
3	7,5	2	5,5	3	9	3,5	5,5
4	10	3	7	4	9	3,5	5,5
5	10	3	7	5	9	3	6
6	8	3	5	6	9	4	5
7	10	3	7	7	10	4	6
8	9	3	6	8	10	4	6
9	10,5	3	7,5	9	8	3	5
10	9	2,5	6,5	10	9	3	6
11	6	2,5	3,5	11	7	3	4
12	5,5	3,5	2	12	10	5	5
13	9	3	6	13	9	4	5
14	7,5	3,5	4	14	8	3	5
15	9	4	5	15	8	4	4
16	8,5	2,5	6	16	10	4	6
17	8	2,5	5,5	17	9	4	5
18	7,5	2,5	5	18	10	5	5
19	9	4	5				
20	8	2,5	5,5				
21	8	2,5	5,5				
22	9	3	6				
23	8	3	5				
24	9	3	6				
Sum.	205,5	72,0	133,5	164,0	67,5	96,5	
Mittl.	8,56	3,0	5,56	9,11	3,75	5,36	

	Curve № 1.			Curve № 2.			Curve № 3.				
	№	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.	№	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.	№	Ges.-Contr.	Syst.
1	10	5	5	12	6	6	14	7	7		
2	11	5,5	5,5	12	5	7	10	5	5		
3	10	4,5	5,5	10	4	6	11	6	5		
4	10,5	5	5,5	9	5	4	11	4	7		
5	10	5	5	14	9	5	11	6	5		
6	10,5	4	6,5	13	4,5	8,5	11	6	5		
7	10,5	5,5	5	9	4	5	11	5	6		
8	10	5	5	12,5	4	8,5	11	5	6		
9	10	4	6	10	4	6	11	5	6		
10	9	5	4	11	4	7	12	5	7		

	Curve № 1.			Curve № 2.			Curve № 3.			
	№	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.	Ges.-Contr.	Syst.	Diast.
K a m m e r.	11	12	6	6	13	4	9	11	5	6
	12	9	4	5	11,5	5	6,5	11	5	6
	13	9,5	5	4,5	7,5	4,5	3	11	5	6
	14	11	4,5	6,5	11	4	7	8	5	3
	15	10,5	4,75	5,75	10	4	6	13	6	7
	16	10	4	6	8	3,5	4,5	11	4	7
	17	12,5	6	6,5	13	6	7	17,8	8,4	9,4
	18	11	4,5	6,5	9	4	5	11,1	5,23	5,87
	19	11,5	5,5	6				13		
	20	10,5	5	5,5						
Sum.	209	97,75	111,25	196,0	84,5	111,0	11,11	5,25	5,87	
Mittl.	10,45	4,89	5,55	10,89	4,69	6,11				

Somit haben wir für die Kammer 3 Curven, welche 54 volle Contractionen darstellen. Aus den in den oben gegebenen Tafeln angeführten Zahlenwerten ersieht man, dass die Gesamtdauer aller Perioden 483 Sec. betrug, woraus sich die Durchschnittsdauer einer Contraction zu 8,9 Sec. ergibt.

Der Dauer und Wiederkehr nach können die Contractionen der Kammer folgendermaassen angeordnet werden.

Dauer der Contr.	Anzahl der Contr.	
Je 14 Sec.	2	} Somit beträgt die maximale Dauer 14 Sec., die minimale 7,5. Die grösste Anzahl der Contractionen: In je 11 Sec. 16 › › 10 › 10 › › 10,5 › 5 › › 9 › 5 <u>Summa 36</u> Fügt man noch die Zwischenperiode von 9,5 hinzu, so erhält man 37 Contr., was 68,5%, oder über $\frac{2}{3}$ der Endsumme ausmacht.
› 13,5 ›	1	
› 13 ›	3	
› 12,5 ›	2	
› 12 ›	4	
› 11,5 ›	2	
› 11 ›	16	
› 10,5 ›	5	
› 10 ›	10	
› 9,5 ›	1	
› 9 ›	5	
› 8 ›	2	
› 7,5 ›	1	
Summa	54	

Indem wir ferner die Systole der Kammer untersuchen, finden wir die Gesamtdauer = 266,25 Sec., was die Durchschnittsdauer von 4,93 Sec. ergibt. Der Dauer und Anzahl nach können wir die Zahlenwerte folgendermaassen anordnen:

Dauer		Anzahl,
Je 9	Sec.	1
> 7	>	1
> 6	>	8
> 5,5	>	3
> 5	>	19
> 4,75	>	1
> 4,5	>	5
> 4	>	15
> 3,5	>	1

Summa 54

Somit ist die maximale Dauer 9 Sec.—die minimale 3,5.
Die grösste Anzahl der Contractionen

in je 5 Sec.	19
> > 4 >	15
> > 6 >	8

Summa 42

Die Perioden von 4—6, die Zwischenperioden (zu 5,5—4,75—1,4, 5—5 mit eingerechnet, umfassen 51 Contractionen, was 94,4% von 54 ausmacht.

Diastole der Kammer.

Gesamtdauer = 316,25 Sec., woraus die Durchschnittsdauer = 5,86 Sec.,
Max. = 9 und Min. = 3 sich berechnet.

Dauer der Contractionen		Anzahl.
Je 9	Sec.	1
> 8,5	>	2
> 7	>	9
> 6,5	>	5
> 6	>	14
> 5,75	>	1
> 5,5	>	4
> 5	>	11
> 4,5	>	3
> 4	>	2
> 3,5	>	1
> 3	>	1
		54

Maximale Anzahl	
In je 6	Sec. 14
> > 5	> 11
> > 7	> 9
> > 6,5	> 5
> > 5,5	> 4

Summa 43

Fügt man noch die intermediäre Contraction von 5,75 Sec. hinzu, so erhält man 44 Contractionen, was 81,48% von 54 Contractionen ausmacht.

Vorkammer. Für die Vorkammer wurden im ganzen 42 Perioden untersucht, deren Gesamtdauer = 369,5 Sec. war, woraus sich die Durchschnittsdauer = 8,79 ergibt, Maximum = 10,5, Minimum = 5,5. Der Dauer nach ordnen sich die Contractionen der Vorkammer folgendermaassen an:

Dauer der Contr.	Anzahl der Contr.		Maximale Anzahl der Contractionen
Je 10,5 Sec.	2	}	In je 9 Sec. 15
› 10 ›	10		› 10 › 10
› 9 ›	15		› 8 › 8
› 8,5 ›	1		› 7,5 › 3
› 8 ›	8		36
› 7,5 ›	3		Die Periode von 7,5—9 begreift
› 7 ›	1		37 Contractionen, was 88% ausmacht.
› 6 ›	1		
› 5,5 ›	1		
	42		

Systole der Vorkammer:

Gesamtdauer = 139,5; Durchschnittsdauer = 3,32; Maximum 5, Minimum = 2.

Dauer der Contract.	Anz. der Contr.		Maximale Anzahl der Contractionen.
Je 5 Sec.	2	}	In je 3 Sec. 16
› 4,5 ›	1		› › 4 › 10
› 4 ›	10		› › 2,5 › 7
› 3,5 ›	5		› › 3,5 › 5
› 3 ›	16		38
› 2,5 ›	7		
› 2 ›	1		
	42		

Auf die Perioden zwischen 2,5—4 kommen 38 Contractionen, was 90,48% der Gesamtzahl 42 beträgt

Diastole der Vorkammer:

Gesamtdauer = 230 Sec., woraus die Durchschnittsdauer = 5,48, Maximum = 7,5 Minimum = 2 Sec. sich ergibt. Der Dauer und Anzahl nach ordnen sich die Contractionen folgendermaassen an.

Dauer der Contr.	Anz. der Contr.	
Je 7,5 Sec.	1	} Maximale Anzahl der Contract. In je 6 Sec. 13 } > > 5,5 > 6 } > > 5 > 12 } 31 } Auf die Periode von 5—6 Sec. } kommen 31 Contractionen, was 73,8% } der Gesamtzahl 42 ausmacht.
> 7 >	3	
> 6,5 >	2	
> 6 >	13	
> 5,5 >	6	
> 5 >	12	
> 4 >	3	
> 3,5 >	1	
> 2 >	1	
	42	

Es sei noch erwähnt, dass die Contractionen beider Hälften der Kammer und beider Vorkammern, wie unsere Untersuchungen gezeigt haben, vollkommen synchronisch stattfinden.

Die graphische Untersuchung der Curven sowohl als die Berechnungen zeigen klar genug, dass die Herzcontractionen der Anodonta eine ganz regelmässige, in gewissen Grenzen schwankende Periodicität besitzen.

Nimmt man die Durchschnittsdauer einer vollen Contractionen der Kammer oder der Vorkammer und deren einzelne Phasen, so sieht man, dass die Dauer der grössten Anzahl der Contractionen der mittleren Norm sehr nahe kommt, was aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist.

1) Die Durchschnittsdauer einer vollen Contraction der Kammer beträgt 8,9 Sec., d. h. beinahe 9 Sec., die maximale Anzahl der Contractionen fällt auf eine Periode von 9—11 Sec.

2) Die Durchschnittsdauer der Systole der Kammer beträgt 4,93 Sec., d. h. beinahe 5 Sec.; die maximale Anzahl der Contractionen fällt auf die Periode von 5—6 Sec.

3) Die Durchschnittsdauer der Diastole der Kammer beträgt 5,86 Sec., d. h. beinahe 6 Sec.; die maximale Anzahl der Contractionen fällt auf die Periode von 5,5—7 Sec.

4) Die Durchschnittsdauer einer vollen Contraction der Vorkammer beträgt 8,9, d. h. beinahe 9 Sec.; die maximale Anzahl der Contractionen fällt auf die Periode von 7,5—9.

5) Die Durchschnittsdauer der Systole der Vorkammer beträgt 3,32 Sec., d. h. beinahe 3,5. Die maximale Anzahl der Contractionen fällt auf die Periode von 2,5 bis 4.

6) Die Durchschnittsdauer der Diastole der Vorkammer beträgt 5,48 Sec., d. h. beinahe 5,5 Sec.; die maximale Anzahl der Contractionen fällt auf die Periode von 5—6 Sec.

Ausserdem ergibt die Berechnung des Procentgehalts der maximalen Anzahl der Contractionen, dass derselbe immer um ein Bedeutendes die Hälfte übersteigt. So finden wir:

- 1) für die volle Contraction der Kammer..... 68, 5%
- 2) für die Systole der Kammer..... 94,63%

3) für die Diastole der Kammer	81,48%
4) für die volle Contraction der Vorkammer	88%
5) für die Systole der Vorkammer	90,48%
6) für die Diastole der Vorkammer	73,8%

Dabei sei noch erwähnt, dass die 3 Curven (1, 2 und 3) an verschiedenen Exemplaren erhalten wurden.

Auch über den Automatismus des Herzens leitete ich Versuche ein; da aber dieselben noch der Vollständigkeit entbehren, so muss ich mich auf den Hinweis beschränken, dass jedesmal, wenn das Herz von dem Körper des Tieres abgetrennt wurde, die Contractionen desselben sich einstellten. Zum Schluss halte ich es für eine angenehme Pflicht hierselbst meinem teuren Lehrer, Herrn Prof. L. Morochowetz, für die Ratschläge und den Beistand, die es mir möglich gemacht haben diese Arbeit auszuführen, meinen besten Dank auszusprechen.
