

(Aus dem physiol. Laboratorium der thierärztlichen Hochschule zu Bukarest.)

## Ueber den Respirationswechsel des Frosches in den verschiedenen Jahreszeiten.

Von

**J. Athanasiu.**

(Mit 1 Textfigur.)

Der Respirationswechsel der Batrachier ist verhältnissmässig wenig erforscht worden, namentlich von dem Standpunkte aus, den wir hier einnehmen wollen. Der grösste Theil der in der Literatur vorhandenen Versuche hatte nur den Zweck, die Athmungsfuction dieser Thiere im Ganzen festzustellen. So hat Spallanzani (1803) zahlreiche Versuche angestellt, um den Beweis zu liefern, dass die Kohlensäure nicht nur in der Lunge, sondern in allen Geweben des Körpers producirt wird. Hierbei entfernte er sich zu sehr von dem Normalzustand, indem er seine Thiere in einer Wasserstoffatmosphäre athmen liess oder sie mittels kochenden Wassers tödtete.

Bischoff (1837) hat dasselbe verfolgt, allein seine Versuche sind nicht zu verwenden, da er nur die producirte Kohlensäure angibt und nicht auch die Menge des verbrauchten Sauerstoffs. Andererseits ist in seinen Versuchsprotokollen weder das Körpergewicht der Frösche, noch die umgebende Temperatur angegeben.

Die präcisesten Versuche sind zweifellos die von Regnault und Reiset (1849), die gleichfalls den Ort festzustellen suchten, wo die Kohlensäure hervorgebracht wird. Sie machten ihre Versuche an unverletzten Fröschen oder an solchen, denen Cl. Bernard die Lungen exstirpirte. Selbstverständlich können wir nur die Versuche I, II, IV und V, die an normalen Fröschen gemacht worden sind, berücksichtigen, wo der respiratorische Quotient immer geringer war als die Einheit. Leider finden wir nicht die Jahreszeit angegeben, in welcher die Versuche angestellt worden sind.

Moleschott (1857) wollte den Einfluss feststellen, den die Wärme auf die Kohlensäureausscheidung der Frösche auszuüben vermag. Die Versuche sind in den Monaten Januar, Februar und März

an der *Rana temporaria* angestellt worden, kein Versuch dauerte länger als eine Stunde, während welcher die Temperatur zwischen  $-4,14^{\circ}$  und  $+38^{\circ}$  schwankte. Selbstverständlich musste ein solch rascher Temperaturwechsel tiefgehende Störungen der Respirationsphänomene des Frosches hervorrufen.

Schulz (1877) und Aubert (1881) haben gleichfalls den Einfluss der Temperatur auf die Kohlensäureausscheidung auf experimentellem Wege festzustellen gesucht. Klug (1884) hat das Verhältniss der Kohlensäureausscheidung zur Intensität des Respirationswechsels des Frosches bei Lungen- und Haut-Respiration gemessen und stellte fest, dass die durch die Haut ausgeschiedene Kohlensäuremenge für gewöhnlich drei Mal grösser ist als die durch die Lunge ausgeschiedene.

Vernon (1897) studierte gleichfalls den Einfluss, den experimentelle Wärme auf die Kohlensäureausscheidung bei mehreren Thieren mit schwankender Eigenwärme auszuüben vermag.

Vorigen Winter (1899) studierten wir im Physiologischen Institut zu Bonn den Einfluss der Phosphorintoxication auf die Fettproduction des Frosches. Es war äusserst interessant, zu verfolgen, in wie weit der Respirationswechsel durch dieses Gift beeinflusst werden kann. Wir beobachteten damals, dass die im Laboratorium aufbewahrten Thiere von einem Tag zum anderen ihren Respirationswechsel verändern, obwohl die Beschaffenheit des sie umgebenden Mediums stets fast dieselbe war. Ihr respiratorischer Quotient bot äusserst grosse Schwankungen und übertraf öfters die Einheit. Dies hinderte uns, genau festzustellen, inwiefern der Phosphor den Chemismus der Athmung verändert. Wir hielten nur an der Thatsache fest, die wir in unserer Arbeit erwähnt haben<sup>1)</sup>. Wir haben nun während dessen die Untersuchungen fortgesetzt, indem wir den Respirationswechsel der Frösche während der übrigen Jahreszeiten gemessen haben.

Die Technik der Versuche. — Wir benutzten den von Pflüger (1877) modificirten Apparat Regnault's und Reiset's, der in Colasanti (1877) und in Finkler's (1878) Arbeit beschrieben ist. Die Construction dieses Apparates ist derart, dass während der Versuche dessen Druck genau dem Atmosphären-

---

1) J. Athanasiu, Die Erzeugung von Fett im thierischen Körper unter Einfluss von Phosphor. Archiv für die gesammte Physiologie Bd. 74. 1899.

druck entspricht. Vielmehr befindet sich der ganze Apparat in einem grossen Bassin unter Wasser, wo nicht nur eine constante Temperatur aufrecht erhalten, sondern auch gleichzeitig verbürgt wird, dass nicht der geringste Verlust durch die Kautschukverbindungen möglich ist. Im Apparat findet eine vollkommene Ventilation statt, während die Kohlensäure von einer Lösung von KOH (12 %) zurückgehalten wird. Dieselbe wird dann mit der Quecksilberpumpe nach Zerlegung des Kalium carbonicum ( $\text{CO}_3\text{K}_2$ ) mittelst einer fixen Säure, wie z. B. das Acidum phosphoricum ( $\text{PO}_4\text{H}_3$ ), extrahirt. Diese Kohlensäure wird dann nach der Bunsen'schen Methode bestimmt. Der Sauerstoff wird äusserst genau mit Hülfe einer gesättigten Chlorcalciumlösung gemessen, die den von den Versuchsthiere verbrauchten Sauerstoff ersetzt.

Die Frösche (immer Männchen) werden in den Apparat nur mit dem an ihrem Körper haftenden Wasser gebracht; unserer Ansicht nach würden sie durch Austrocknung zu sehr von den natürlichen Verhältnissen entfernt werden. Die Dauer der Versuche belief sich auf 11 bis 24 Stunden; nur ein einziger Versuch dauerte 48 Stunden.

Wir vermieden es absichtlich, die Frösche länger im Apparat verweilen zu lassen, denn es hätte eingewendet werden können, dass der Harn und die Excremente in Gährung übergehen und so die Kohlensäuremenge vergrössern. Dieser Einwand kann uns nicht gemacht werden, da wir im Sommer genau so wie im Winter verfahren. Wenn eine Gährung stattfinden soll, so muss sie ja nothwendig im Sommer grösser sein als im Winter. Umgekehrt aber konnten wir in dieser letzteren Jahreszeit mehr  $\text{CO}_2$  feststellen als im Sommer.

Fast alle unsere Versuche sind an Fröschen gemacht worden, die seit einiger Zeit sich im Laboratorium befanden: die neu herbeigebrachten liessen wir erst 48 Stunden ausruhen, bevor wir sie in den Apparat brachten. Diese Maassregel schien uns gerathen in Folge der grossen Unregelmässigkeit ihres Respirationswechsels; so weit es uns möglich war, suchten wir jede Ursache zu verhindern, die diesen Wechsel hätten modificiren können.

### V e r s u c h e.

1) 16. Januar. — 14 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 408 g. Temperatur: 16,5°. Druck: 753 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene $\text{CO}_2$ : Gesamtmenge . . . . .	149,8	ccm
„ $\text{CO}_2$ : per Kilogramm . . . . .	367,1	„
„ $\text{CO}_2$ : per Kilogramm und Stunde	33,37	„

Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	97,20 ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	203,3 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	21,66 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{33,37}{21,66} = 1,5.$

2) 20. Januar. — 11 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 456 g.  
 Temperatur: 17°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	296 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	649,4 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	59,03 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	237,85 ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	521,6 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	47,4 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{59,03}{47,4} = 1,24.$

3) 23. Januar. 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 490 g.  
 Temperatur: 16,5°. Druck: 752 mm Hg. Dauer des Versuches: 12 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	233,8 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	477 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	39,1 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	243,4 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	496,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	41,4 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{39,1}{41,4} = 0,94.$

4) 26. Januar. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 476 g.  
 Temperatur 12°. Druck: 771 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	130,8 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	274,8 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	24,9 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	120,6 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	253,3 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	23,02 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{24}{23,02} = 1,08.$

5) 27. Januar. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 469 g.  
 Temperatur 13°. Druck 768 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	124,1 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	264,6 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	24,05 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	126,6 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	269,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	24,5 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{24,5}{24,5} = 0,98.$

6) 28. Januar. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 462 g.  
Temperatur: 13,5°. Druck: 764 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	111,3	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	240,6	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	21,9	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	113,9	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	245,7	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	22,3	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{21,9}{22,3} = 0,98.$	

7) 31. Januar. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 468 g.  
Temperatur: 12,5°. Druck: 751 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	83,25	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	177,8	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	16,87	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	75,53	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	161,4	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	14,76	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{16,87}{14,67} = 1,15.$	

8) 7. Februar. — 10 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 432 g.  
Temperatur: 10°. Druck: 751 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	180,3	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	417,3	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	17,37	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	185,7	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	429,8	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	17,9	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{17,37}{17,9} = 0,97.$	

9) 11. Februar. — 10 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 452 g.  
Temperatur: 15°. Druck: 752 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	296,7	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	654,6	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	27,35	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	253,1	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	560,0	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	23,3	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{27,35}{23,3} = 1,17.$	

10) 16. Februar. — 10 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 493 g.  
Temperatur: 13°. Druck: 754,5 mm Hg. Dauer des Versuches: 11 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	129,2	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	263,3	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	26,3	„

Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	230,9 ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	468,3 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	46,8 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{26,3}{46,8} = 0,56.$

11) 17. Februar. — 10 Frösche (Männchen). Rana Fusca. Gewicht: 495 g.  
Temperatur: 12°. Druck 762 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	238,5 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	485,9 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	20,2 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	351,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	709,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	29,5 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{20,2}{29,5} = 0,68.$

12) 19. Februar. — 10 Frösche (Männchen). Rana Fusca. Gewicht: 430 g.  
Temperatur: 10°. Druck: 763 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	244,2 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	567,9 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	23,6 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	280,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	651,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	27,1 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{23,6}{27,1} = 0,87.$

13) 22. Februar. — 10 Frösche (Männchen). Rana Fusca. Gewicht: 419 g.  
Temperatur: 11°. Druck: 769,5 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	230 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	548,9 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	22,8 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	246,4 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	588,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	24,5 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{22,8}{24,5} = 0,93.$

14) 24. Februar. — 9 Frösche (Männchen). Rana Fusca. Gewicht: 420 g.  
Temperatur: 10°. Druck: 767 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	500 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1190 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	49,5 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	606,4 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1443,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	60,1 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{49,5}{60,1} = 0,82.$

15) 26. Februar. — 9 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 418 g.  
Temperatur: 9,5°. Druck: 768 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	198,7	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	475,4	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	19,8	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	199,3	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	476,8	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	19,8	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{19,8}{19,8} = 1,0.$	

16) 3. März. — 7 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 373 g.  
Temperatur: 11°. Druck: 763,5 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	659,1	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1767,0	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	73,6	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	568,23	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1523,5	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	63,5	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{73,6}{63,5} = 1,16.$	

17) 14. März. — 10 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 512 g.  
Temperatur: 11°. Druck: 769 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	237	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	462,9	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	19,3	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	268,4	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	524,2	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	21,8	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{19,3}{21,8} = 0,88.$	

18) 20. März. — Dieselben Frösche vom 14. März. Temperatur: 10°. Druck: 748,5 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	248	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	520,3	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	21,7	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	302,5	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	632,8	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	26,35	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{21,7}{26,35} = 0,82.$	

19) 21. März — 10 Frösche (Männchen). *Rana Fusca*. Gewicht: 440 g.  
Temperatur: 9,5°. Druck: 753 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	340,6	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	774,9	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	32,2	„

Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	290,2 ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	659,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	27,5 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{32,2}{27,5} = 1,16.$

Die Versuche von 1 bis 19 sind im Physiologischen Institut in Bonn gemacht.

20) 8. Juni. — 7 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 317 g.  
Temperatur: 20°. Druck: 752,5 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	574 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1810 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	75,4 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	725 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	2287 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	97 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{75,4}{97} = 0,77.$

21) 16. Juni. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 422 g.  
Temperatur 23°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	770,5 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1826 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	76 „
Verzehrte CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	1066 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	2526 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	105 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{76}{105} = 0,72.$

22) 21. Juni. — Dieselben Frösche vom 16. Juni. Temperatur: 23°. Druck:  
759 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	661 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1568,7 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	65,3 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	835,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1980 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	82,5 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{65}{82,5} = 0,79.$

23) 22. Juni. — Dieselben Frösche vom 16. Juni. — Temperatur: 22°. Druck: 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	513,5 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1488,4 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	62 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	623 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1806 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	75 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{62}{75} = 0,83.$



24) 27. Juni. — 11 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 300 g.  
Temperatur: 23°. Druck: 758 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	548,8	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1829,3	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	76,2	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	724,4	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	2413	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	100,5	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{76,2}{100,5} = 0,75.$	

25) 28. Juni. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 510 g.  
Temperatur: 23°. Druck: 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	649,2	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1273,0	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	53	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	851	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1668,6	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	69,5	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{53}{69,5} = 0,76.$	

26) 29. Juni. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 420 g.  
Temperatur: 23°. Druck: 761 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	650,3	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1572,1	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	65,5	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	811,7	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1932,6	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	80,5	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{65,5}{80,5} = 0,81.$	

27) 3. Juli. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 506 g.  
Temperatur: 24°. Druck: 762 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	596,5	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1196,6	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	49,8	„
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	740,2	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1462,8	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	60,9	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{49,8}{60,9} = 0,82.$	

28) 4. Juli. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 450 g.  
Temperatur: 24°. Druck: 762 mm Hg. Dauer des Versuches: 48 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	1234	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	2742	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	57,1	„

Verzehre O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	1505	ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	3345	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	69,7	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{57,1}{69,7} = 0,81.$	

29) 19. Juli. — 13 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 412 g.  
Temperatur: 24°. Druck: 764 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	652,7	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1596,3	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	66,5	„
Verzehre O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	933,3	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	2265,3	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	94,4	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{66,5}{94,4} = 0,70.$	

30) 25. Juli. — 11 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 370 g.  
Temperatur: 24°. Druck: 761 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	554	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1497	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	62,4	„
Verzehre O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	656,4	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1774	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	73,9	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{62,4}{73,9} = 0,84.$	

31) 26. Juli. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 324 g.  
Temperatur 24°. Druck: 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	543,5	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1682	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	70,1	„
Verzehre O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	705	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	2182,6	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	90	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{70,1}{90} = 0,77.$	

32) 4. August. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht 433 g.  
Temperatur: 22°. Druck: 764 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	527,8	ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1092,9	„
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	45,5	„
Verzehre O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	665,2	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1371	„
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	57	„
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{45,5}{57} = 0,79.$	

33) 6. August. — Dieselben Frösche vom 4. August. — Temperatur 23°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	526,8 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1090 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	45,2 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	658,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1363 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	56,7 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{45,2}{56,7} = 0,79.$

34) 8. August. — 12 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 492 g. Temperatur: 22°. Druck: 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	544,8 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1107,3 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	46,1 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	756,1 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1536,8 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	64,0 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{46,1}{64,0} = 0,72.$

35) 11. August. — 11 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 416 g. Temperatur: 19,5°. Druck: 758 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	382 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	982,9 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	40,9 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	450,1 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1155 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	48 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{40,9}{48} = 0,85.$

36) 12. August. — 12 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 435 g. Temperatur: 18,5°. Druck: 755 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	374,1 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	883,1 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	36,8 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	572,6 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1178,4 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	49,1 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{36,8}{49,1} = 0,75.$

37) 16. August. — 12 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 455 g. Temperatur: 19°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	327 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	618,6 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	25,8 „

Verzehrt O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	426,8 ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	938 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	39,08 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{25,8}{39,08} = 0,66.$

38) 19. August. — 10 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 382 g. Temperatur: 21°. Druck 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	429,8 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1125,1 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	46,9 „
Verzehrt O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	483,8 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1266,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	52,8 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{46,9}{52,8} = 0,88.$

39) 24. August. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 400 g. Temperatur: 22°. Druck: 761 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	566,7 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1416,7 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	59 „
Verzehrt O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	692,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1730,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	72,1 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{59}{72,1} = 0,82.$

40) 3. September. — 12 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 305 g. Temperatur: 19°. Druck: 759 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	389,3 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1276,4 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	53,2 „
Verzehrt O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	579,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1901,3 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	79,2 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{53,2}{79,2} = 0,67.$

41) 6. September. — Dieselben Frösche vom 3. September. Temperatur: 19°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	370,5 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1214,7 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	50,6 „
Verzehrt O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	481,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1579,3 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	65,8 „
	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{50,6}{65,8} = 0,77.$

42) 13. September. — 13 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 397 g. Temperatur: 19,5°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	496,7 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1251,1 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	52,1 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	697,3 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1756 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	73,2 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{52,1}{73,2} = 0,71.$

43) 17. September. — 13 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 397 g. Temperatur: 18,5°. Druck: 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	340,8 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	858,4 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	35,8 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	415,8 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1047,4 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	43,6 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{35,8}{43,6} = 0,82.$

44) 1. October. — 13 Frösche (Männchen). *Rana Esculenta*. Gewicht: 540 g. Temperatur: 14°. Druck: 757 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	523 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	968,5 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	40,2 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	629,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	1166,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	48,4 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{40,2}{48,4} = 0,83.$

45) 3. October. — Dieselben Frösche von 1. October. Temperatur 13°. Druck: 763 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	262,5 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	486,1 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	20,3 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	334,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	618,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	25,8 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{20,3}{25,8} = 0,78.$

46) 9. October. — Dieselben Frösche vom 1. October. — Temperatur: 11°. Druck: 767 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	201 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	375,7 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	15,6 „

Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	259,4 ccm
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	484,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	20,2 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{15,6}{20,2} = 0,77.$

47) 16. October. — Dieselben Frösche vom 1. October. — Temperatur: 10°. Druck: 766 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	177,7 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	332,8 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	13,87 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	179,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	336,5 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	14 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{13,87}{14} = 0,99.$

48) 22. October. — Dieselben Frösche vom 1. October. — Temperatur: 12°. Druck: 766 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	257,5 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	490,5 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	20,2 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	341,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	650,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	27 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{20,2}{27} = 0,75.$

49) 26. October. — 12 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 540 g. Temperatur: 10,5. Druck: 765 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	217,3 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	402,4 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	16,8 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	248,6 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	460,4 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	19,1 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 0,88.$

50) 2. November. — Dieselben Frösche vom 26. October. Temperatur: 9°. Druck: 762 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	192,3 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	356,1 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	14,8 „
Verzehrte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	236,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	438,8 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	18,2 „
	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{14,8}{18,2} = 0,80.$

51) 5. November. — Dieselben Frösche vom 26. October. Temperatur: 7,5°. Druck: 767 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	230,6 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	427,2 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	17,8 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	237,1 „
„ O <sub>2</sub> : pro Kilogramm . . . . .	440,0 „
„ O <sub>2</sub> : pro Kilogramm und Stunde . . . . .	18,3 „

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{17,8}{18,3} = 0,97.$$

52) 7. November. — 12 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 615 g. Temperatur: 6,5°. Druck: 765 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	212,4 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	345,3 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	14,4 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	145,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	237,2 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	10 „

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{14,4}{10} = 1,44.$$

53) 23. November. — 12 Frösche (Männchen). Rana Esculenta. Gewicht: 635 g. Temperatur: 6°. Druck: 750 mm Hg. Dauer des Versuches: 24 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	210 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	330,7 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	13,8 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	140,1 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	220,7 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	9,2 „

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{13,8}{9,2} = 1,5.$$

54) 28. November. — Dieselben Frösche vom 23. November. — Temperatur: 5°. Druck: 760 mm Hg. Dauer des Versuches: 20 Stunden.

Ausgeschiedene CO <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	132,9 ccm
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	209,3 „
„ CO <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	10,4 „
Verzehnte O <sub>2</sub> : Gesamtmenge . . . . .	123,9 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm . . . . .	195,1 „
„ O <sub>2</sub> : per Kilogramm und Stunde . . . . .	9,7 „

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{10,4}{9,7} = 1,07.$$

Nummer der Versuche	Datum 1899	Temperatur	Atmosphä- rischer Druck	Verzehrte O <sub>2</sub> pro Kilo- gramm und Stunde	Aus- geschiedene CO <sub>2</sub> pro Kilogramm und Stunde	CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gattung
1	16. Januar	16,5	753	21,6	33,37	1,5	Rana Esculenta
2	20. "	17	757	47,4	59,03	1,24	Rana Fusca
3	23. "	16,5	756	41,4	39,1	0,94	Rana Esculenta
4	26. "	12	771	23,02	24,98	1,08	Rana Fusca
5	27. "	13	768	24,53	24,05	0,98	" "
6	28. "	13,5	764	22,3	21,9	0,98	" "
7	31. "	12,5	751	14,67	16,87	1,15	" "
8	7. Februar	11	751	17,9	17,37	0,97	Rana Esculenta
9	11. "	15	752	23,3	27,35	1,17	" "
10	16. "	13	754	46,8	26,3	0,56	Rana Fusca
11	17. "	12	762	29,5	20,2	0,68	" "
12	19. "	10	763	27,1	23,6	0,87	" "
13	22. "	11	769	24,5	22,8	0,93	" "
14	24. "	10	767	60,1	49,5	0,82	" "
15	26. "	9,5	768	19,8	19,8	1,00	" "
16	3. März	11	763	63,5	73,6	1,16	" "
17	14. "	11	769	21,8	19,3	0,88	" "
18	20. "	10	748	26,3	21,7	0,82	" "
19	21. "	9,5	753	27,5	32,2	1,16	Rana Esculenta
20	8. Juni	20	752	97	75	0,77	" "
21	16. "	23	757	105	76	0,72	" "
22	21. "	23	759	82,5	65,3	0,79	" "
23	22. "	22	760	75	62	0,75	" "
24	27. "	23	758	100,5	76,8	0,75	" "
25	28. "	23	760	69,5	53,0	0,76	" "
26	29. "	23	761	80,5	65,5	0,81	" "
27	3. Juli	24	762	60,9	49,8	0,82	" "
28	4. "	24	762	69,7	57,1	0,81	" "
29	19. "	24	764	94,4	66,5	0,70	" "
30	25. "	24	761	73,9	62,4	0,84	" "
31	26. "	24	760	90,0	70,1	0,77	" "
32	4. August	22	764	57	45,5	0,79	" "
33	6. "	23	757	56,7	45,2	0,79	" "
34	8. "	22	760	64,0	46,1	0,72	" "
35	11. "	19,5	758	48,0	40,9	0,85	" "
36	12. "	18,5	755	49,1	36,8	0,75	" "
37	16. "	19,0	757	39,08	25,8	0,66	" "
38	19. "	21	760	52,8	46,9	0,88	" "
39	24. "	22	761	72,1	59,0	0,82	" "
40	3. Septemb.	19	758	79,2	53,2	0,67	" "
41	6. "	19	757	65,8	50,6	0,77	" "
42	13. "	19,5	757	73,2	52,1	0,71	" "
43	17. "	18,5	760	42,6	35,8	0,82	" "
44	1. October	14	757	48,4	40,2	0,83	" "
45	3. "	13	763	25,8	20,3	0,78	" "
46	9. "	11	767	20,2	15,6	0,77	" "
47	16. "	10	766	14,0	13,8	0,99	" "
48	22. "	12	766	27,0	20,2	0,75	" "
49	26. "	10,5	765	19,1	16,8	0,88	" "
50	2. Novemh.	9	762	18,3	14,8	0,80	" "
51	5. "	7,5	767	18,5	17,8	0,96	" "
52	7. "	6,5	765	10	14,4	1,44	" "
53	23. "	6	750	9,2	13,8	1,50	" "
54	28. "	5	760	9,7	10,4	1,07	" "





prüfen, die daran betheiligt sein könnten. Die hauptsächlichsten Factoren sind:

1. Die umgebende Temperatur, folglich die functionelle Thätigkeit;
2. die Doppelathmung (Lungen- und Hautrespiration);
3. der Stoffwechsel namentlich der Kohlenhydrate;
4. der Winterschlaf.

1. Der Einfluss der umgebenden Temperatur auf den respiratorischen Quotienten. Es ist durch Mole-schott's, Schulz', Aubert's, Vernon's und unsere eigenen Versuche festgestellt, dass die Intensität des Respirationswechsels der Höhe der umgebenden Temperatur einigermaassen proportionell ist. Trotzdem schien es uns, dass dieses Verhältniss doch nicht so innig sei, wie angenommen worden ist. So haben in Versuch 16 die Frösche bei einer Temperatur von 11° 63,5 ccm Sauerstoff verbraucht und 73,6 ccm Kohlensäure ausgeschieden, während sie in Versuch 37 bei höherer Temperatur (19°) nur 39,7 ccm Sauerstoff verbraucht und 25,8 ccm Kohlensäure ausgeschieden haben. Andererseits beobachtet man, dass bei benachbarten Temperaturen (22—23°) der Sauerstoffverbrauch zwischen 69—76 ccm schwanken kann.

Die umgebende Temperatur allein kann den respiratorischen Quotienten nicht vergrössern. Thatsächlich sehen wir, dass im Sommer je nach der Temperatur der Respirationswechsel mehr oder weniger stark sein kann; stets aber bleibt der respiratorische Quotient unter der Einheit. Es könnte behauptet werden, dass die umgebende Temperatur den respiratorischen Quotienten stets indirect beeinflusst, und zwar mittelst der functionellen Thätigkeit (namentlich der Bewegungen), die direct dieser Temperatur unterordnet sind. Allein wir wissen, dass eine derartige functionelle Thätigkeit in erster Reihe einen Verbrauch der Kohlehydrate zur Folge habe, wie aus den Versuchen von Chauveau ersichtlich ist. Es müsste also der respiratorische Quotient im Sommer, wo die Frösche ein Maximum an Lebhaftigkeit bieten, vermehrt, und im Winter, wenn ihre Bewegungen äusserst beschränkt sind, verringert sein. Unsere Beobachtungen ergaben aber das genaue Gegenteil.

Die Temperatur kann also diese Erscheinungen nicht erklären, weder durch sich selbst noch durch eine Modification der functionellen Thätigkeit des Frosches.

2. Der Einfluss der Doppelathmung (Lungen und Haut) auf den respiratorischen Quotienten. Wir wissen, dass die Frösche die Eigenschaft besitzen, ihrem Körper durch die Lungen und durch die Haut Sauerstoff zuzuführen, und Klug's Versuche bewiesen, dass die Hautrespiration des Frosches drei Mal stärker ist als dessen Lungenathmung. Auf diese Weise kann der Frosch den im Wasser aufgelösten Sauerstoff absorbiren. Thatsächlich muss es so sein, da diese Thiere den grössten Theil ihres Lebens unter Wasser zubringen. Jolyet's und Regnard's Versuche (1877) beweisen, dass die im Wasser athmenden Lebewesen denselben Gesetzen unterworfen sind wie diejenigen, die Luftathmung haben. Nur ist zu bemerken, dass diese Forscher in den Monaten März, April und Mai an Süswasserthieren, und in den Monaten August und September an Meerthieren experimentirten. Es ist wichtig, darauf aufmerksam zu machen, da auch bei diesen Thieren der Einfluss der Jahreszeit sich bemerkbar zu machen scheint. So hat Vernon (1897) auf der zoologischen Station zu Neapel den Respirationswechsel bei wirbellosen Thieren, Protozoen, Mollusken, Coelenteraten etc. und bei Fischen gemessen; die Versuche sind im Winter angestellt worden. Unter anderen wichtigen Ergebnissen konnte er feststellen, dass der respiratorische Quotient dieser Thiere grösser ist als der respiratorische Quotient der Säugethiere. Vernon beobachtete, dass er sogar die Einheit übersteigt, nur glaubt er, dass dies entweder auf den nahen Tod oder auf die Erstickung der Thiere oder auch auf Versuchsfehler zurückzuführen ist; manchmal soll dies durch die geringe Tension des Sauerstoffs im Wasser gegen Ende des Versuches verursacht sein. Aber in allen unseren Versuchen athmeten die Frösche in der Luft, so dass sie sich von diesem Gesichtspunkte aus sowohl im Sommer wie auch im Winter in gleichen Verhältnissen befanden. Die Atmosphäre, in der sich die Thiere während des Versuches aufhielten, behielt genau ihre normale Zusammensetzung, wie wir dies mittelst zahlreicher Analysen der Glockenluft feststellen konnten.

3. Der Einfluss des Stoffwechsels der Kohlehydrate und des Fettes auf den respiratorischen Quotienten. Die Frösche befinden sich im Winter und im Allgemeinen, wenn sie in Gefangenschaft leben, in einem Stadium der Inanition; sie nähren sich also von Nahrungsstoffen, die sich in ihrem Körper angehäuft haben. Nur ist der Verbrauch der Kohle-

hydrate und des Fettes nicht derselbe im Winter wie im Sommer. Was die Kohlehydrate anbetrifft, so konnten wir feststellen, dass die Frösche im Verhältniss zu anderen Jahreszeiten im Sommer die geringste Menge Glycogen enthalten (0,4—0,5 %), während dieser Gehalt im Herbst und im Winter auf 1—1,4 % steigen kann. Ebenso bedeutend ist der Reichtum der Frösche an Kohlehydraten im Frühling nach Beendigung des Winterschlafs; in dieser Jahreszeit fand Pflüger (1899) 1 % Glycogen im Körper dieser Thiere. Umgekehrt sind während dieser Epoche die Fettreserven (Fettkörper) gänzlich verbraucht.

Es scheint dies zu beweisen, dass diese Thiere während der warmen Jahreszeit viel Kohlehydrate und wenig Fett verbrauchen. Umgekehrt im Winter; da verbrauchen sie viel Fett und wenig Kohlehydrate. Im Sommer müsste also der respiratorische Quotient vermehrt sein, denn Ch. Richet bewies, dass jede kohlenhydrate-reiche Nahrung den respiratorischen Quotienten erhöht, so dass er manchmal, wenn diese Stoffe die ausschliessliche Nahrung bilden, die Einheit erreicht. Umgekehrt müsste im Winter dieser respiratorische Quotient verringert sein, da mehr Fettsubstanzen verbraucht werden. Wir haben aber das Gegentheil feststellen können, so dass nicht hier die Erklärung dieses Phänomens gesucht werden kann.

4. Der Einfluss des Winterschlafs auf den respiratorischen Quotienten. Sicherlich ist der Winterschlaf ein an die functionelle Evolution und an die Organisation derjenigen Wesen, die ihn besitzen, gebundene Nothwendigkeit. Es würde schwer fallen, uns vorzustellen, ein derartiges Wesen könnte sich dieser Nothwendigkeit vollständig entziehen, ohne dass der regelmässige Gang seiner Function gestört werde. Unsere an Fröschen gemachten Versuche beweisen, dass dem wirklich so ist. Thatsächlich sehen wir, dass diese Thiere, die den Winter über im Laboratorium verweilen, nicht wie die Säugethiere mit Winterschlaf (z. B. das Murmelthier) in Schlaf verfallen, obwohl wir sie in ziemlich niederer Temperatur belassen. Sie bieten die Erscheinungen des Wachzustandes, und trotzdem ergibt die Messung ihres Respirationswechsels Aenderungen, die sonst nicht bemerkt werden dürften. Aus unseren Versuchsprotokollen ist ersichtlich, dass in diesem erzwungenen Wachzustande Phasen vorhanden sind, wo die Frösche in eine tiefere Erstarrung verfallen, wenn ihr Respirationswechsel modificirt wird. Diese Modification äussert sich durch eine Vergrösserung des respi-

ratorischen Quotienten, der oft selbst die Einheit übersteigt. Sehen wir einmal nach, wo wohl in diesem letzteren Falle sich die Sauerstoffquelle befinden könnte. Die Frösche befinden sich in einer Atmosphäre, deren normale Zusammensetzung strengstens gewahrt ist, wie dies aus der Analyse der Glockenluft ersichtlich ist. Trotzdem bemerkt man, dass das Gleichgewicht zwischen Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung gestört ist. Welcher nun ist von diesen beiden Factoren geändert? Unserer Ansicht nach könnte angenommen werden, dass die Kohlensäureausscheidung gestört ist. Diese könnte sich im Organismus anhäufen, wie es Dubois für das Murmeltier annimmt, aber sie bleibt immer geringer im Verhältniss zum aufgebrauchten Sauerstoff. Nicht so für den anderen Factor des respiratorischen Quotienten, d. h. des Sauerstoffs; zahlreiche Erwägungen verpflichten uns, anzunehmen, dass die Absorption dieses Elementes nicht in gleicher Weise im Sommer und im Winter vor sich geht. Wenn es wahr ist, dass die Frösche im Sommer namentlich Kohlehydrate verbrauchen, so könnten wir uns die Frage vorlegen, warum nicht der respiratorische Quotient vermehrt sei? Es müssen diese Thatsachen wohl zu einander in Beziehung gebracht werden, und glauben wir, dass die Frösche im Sommer mehr Sauerstoff aufnehmen, als sie dessen bedürftig sind. Dieser Sauerstoff wird in ihrem Körper zurückbehalten, und die Versuche Spallanzani's sowohl wie die viel präciseren Versuche Pflüger's beweisen, dass die Frösche längere Zeit in einer Wasserstoff- oder Stickstoff-Atmosphäre leben können. Sie fahren fort, Kohlensäure auszuschleiden; der Sauerstoff kann in diesem Falle nur von den Geweben ihres Körpers geliefert werden.

Es ist richtig, dass ihre Verbrennung im Winter auf ein Minimum reducirt ist; trotzdem brauchen sie viel Sauerstoff, und dies aus zwei Gründen: erstens verbrauchen die Frösche in dieser Jahreszeit mehr Fettstoffe, und zweitens ist das Medium, in dem sie ihren natürlichen Winterschlaf verbringen — im Moor der Teiche — nicht sehr sauerstoffreich. Dazu kommt die Schwäche der Ströme, die in diesem Moor erzeugt werden, die ja sonst, wenn sie stärker wären, die die Frösche umgebenden Schichten erneuern würden.

Es ist selbstverständlich, dass es ein Ideal wäre, im Laboratorium einen wirklichen Winterschlaf der Frösche zu erzielen und so die Versuche in natürlichen Verhältnissen auszuführen. Dies ist aber im gegenwärtigen Zustande äusserst schwer durchzuführen.

Die von Regnault und Reiset (1849), Valentin (1857), Mares (1892), Dubois (1888) etc. an Winterschlaf haltenden Säugethieren, namentlich am Murmelthier angestellten Versuche ergaben, dass der respiratorische Quotient dieser Thiere während des Winterschlafs äusserst herabgesunken ist (0,4 nach Regnault und Reiset). Trotzdem fand Valentin, dass gegen Ende des Winterschlafs, in der dem Erwachen vorangehenden Phase, das Murmelthier mehr Kohlensäure ausscheidet, als es Sauerstoff aufnimmt. Nur wäre diese Phase rasch vorübergehend.

Sicherlich können die von uns an Fröschen erhaltenen Resultate nicht mit jenen, die die Murmelthiere geliefert, verglichen werden, indem die Frösche keinen vollständigen Winterschlaf hatten. Dessen ungeachtet ist es wahrscheinlich, dass die in diesem erzwungenen Wachzustand gehaltenen Frösche sich viel mehr ihrem Winterschlaf als ihrem wirklichen Wachzustand nähern, in welchem sie im Sommer verharren. Wenn es nun so ist, dann könnte zwischen dem Winterschlaf an der Luft und im Wasser unterschieden werden. Dieser letztere besässe die Eigenschaft, Sauerstoff anzuheufen. Wie und wo diese Reserven gemacht werden? darüber können wir nichts sagen. Wir beabsichtigen, diese Versuche fortzusetzen, indem wir den Frosch zu allen Jahreszeiten studiren.

### Schlussfolgerungen.

1. Der Respirationswechsel des Frosches schwankt sehr viel, je nach der Jahreszeit.
2. Der respiratorische Quotient des Frosches ist im Mittel 0,77 während des Sommers und 0,95 während des Winters. In dieser letzteren Jahreszeit übersteigt er oft die Einheit.
3. Wir glauben berechtigt zu sein, anzunehmen, dass die Grösse des respiratorischen Quotienten des Frosches im Winter der Thatsache zuzuschreiben ist, dass dessen Gewebe Sauerstoffreserven besitzt.

---

### Literaturverzeichniss.

1803. — Spallanzani, Memoires sur la respiration. Trad. par Senebier.  
 1837. — T. Z. W. Bischoff, Commentatio de novis quibusdam experimentis chemo-physiologicis ad ilustrandam doctrinam de respiratione institutes. Heidelbergae.

1849. — Regnault et Reiset, Recherches chimiques sur la respiration des animaux de diverses classes. vol. 7. Paris.
1857. — J. Moleschott, Ueber den Einfluss der Wärme auf die Kohlensäure-Ausscheidung der Frösche. — Moleschott, Untersuch. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere Bd. 2 S. 315—344.
1857. — Valentin, Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Marmelthiere. Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere Bd. 2 S. 295—314.
1875. — E. Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 10.
1877. — H. Schulz, Ueber das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Stoffwechsel und Körpertemperatur bei den Amphibien. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 14 S. 78—91.
1877. — Jolyet et Regnard, Recherches physiologiques sur la respiration des animaux aquatiques. Arch. de Physiol. t. 4 p. 584—633.
1881. — H. Aubert, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Kohlensäure-Ausscheidung und die Lebensfähigkeit der Frösche in sauerstoffloser Luft. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 24 S. 293—324.
1884. — F. Klug, Ueber die Hautathmung des Frosches. Arch. f. Anat. u. Physiol.
1887. — E. Delsaux, Sur la respiration des chauves-souris pendant le sommeil hibernal. Arch. de Biologie t. 7 p. 207—215.
1888. — R. Dubois, Le sommeil hibernal est-il le resultat d'une auto-intoxication physiologique? Compt. rend. d. l. Soc. d. Biolog. p. 260.
1892. — Mares. Hibernation des mammifères. Compt. rend. Soc. Biol. t. 4.
1893. — M. Hanriot et Richet etc., Échanges respiratoires chez l'homme. Trav. d. labor. t. 1 p. 470—531.
1895. — H. M. Vernon, The respiratory exchange of the lower marine invertebrates. Journal of Physiol. vol. 19 p. 18—70.
1897. — H. M. Vernon, The relation of the respiratory exchange of cold blooded animals to temperature. Journal of Physiol. vol. 21 p. 443—496.
1898. — E. Pflüger, Beiträge zur Physiologie der Fettbildung der Glycogenes und der Phosphorvergiftung. (Unter Mitwirkung von Herrn S. Athanasiu.) Arch. f. d. gesamt. Physiol. Bd. 71 S. 318—332.
-