

LATVIJAS ŪNIVERSITĀTES SALĪDZINOŠĀS ANATOMIJAS UN
EKSPERIMENTĀLĀS ZOOLOĢIJAS INSTITŪTA DARBI
ARBEITEN AUS DEM
VERGLEICHEND-ANATOMISCHEN U. EXPERIMENTAL-
ZOOLOGISCHEN INSTITUT D. LETTLÄNDISCHEN UNIVERSITÄT

№ 53

ARBEITEN AUS DER ZOOPHYSIOLOGISCHEN
ABTEILUNG DES INSTITUTS
Nr. 3.

N. Ozoliņš

*Das Blutbild und die Atmungsinten-
sität des Misgurnus fossilis bei ver-
schiedenen Atmungsbedingungen.*

R I G A

1935.

(Aus der Zoophysiologischen Abteilung des Vergleichend-anatomischen und experimentell-zoologischen Instituts der Lettländischen Universität in Riga.
Leiter: L. Āboliņš.)

Das Blutbild und die Atmungsintensität des *Misgurnus fossilis* bei verschiedenen Atmungsbedingungen.

Von
N. Ozoliņš.

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung	101
II. Einige Daten über die Atmungsintensität von <i>Misgurnus fossilis</i> . Untersuchungstechnik	104
III. Untersuchungen: 1) Adaptation des Blutbestandes an gesteigerte Darmatmung	112
2) Relative Atmungsintensität bei Darm-, Haut- und Kiemenatmung	118
IV. Zusammenfassung	125
Literatur	126

I. Einleitung.

Unter den Wirbeltieren ist die Darmatmung nur bei den Anamnia, und zwar bei den Fischen von einer gewissen Bedeutung. Bei unseren, in Lettland vorkommenden, Fischen treffen wir sie bei einigen Arten der Gruppe *Cobitidinae* an, z. B. bei *Nemachilus barbatula* (Schmerle), *Cobitis taenia* (Steinbeisser) und *Misgurnus (Cobitis) fossilis* (Schlammpeizger). Alle diese Fische leben im Schlamm, in sauerstoffarmen, oft stark eintrocknenden Gewässern. Ihre Kiemenblätter sind relativ schwach entwickelt. Die *Cobitidinae* können bei Verschlechterung der Atmungsverhältnisse (Verringerung des O₂-Gehalts des Wassers, sowie auch bei Temperaturwechsel) ihren Sauerstoffbedarf nicht mehr durch die Kiemenatmung allein decken. Im Zusammenhange hiermit haben sich accessorische Atmungsorgane gebildet; als solche gelten bei diesen Fischen die Haut und der Darm. Alle drei Atmungsarten: Haut-, Darm- und Kiemenatmung sind bei den erwähnten *Cobitidinae* in verschiedener Ausbildungsstufe anzutreffen. Von



den drei genannten Fischarten besitzt *Cobitis fossilis* die am vollkommensten entwickelte Darmatmung. Je nach Bedürfnis gelangt das Tier an die Oberfläche, öffnet den Mund, schnappt Luft und verschluckt diese. Die Luft wird durch den Darmkanal getrieben und durch den Anus ausgestossen. Parallel der Kiemen- und Darmatmung wird auch immer Hautatmung betätigt. Das Darmatmungsvermögen hat sich augenscheinlich während der funktionellen Anpassung der Art an die Lebensverhältnisse entwickelt.

Treviranus (1814), *Budge* (1847), *Leydig* (1853), *Ebert* (1862), *Lorent* (1878), *Paneth* (1888), *Jacobs* (1898), *Calugareanu* (1907), *Lupu* (1914 i. f.) und *Āboliņš* (1924) haben die Darmatmung beim Schlammpeizger untersucht und konstatieren, dass der Enddarm von *Misgurnus fossilis* im Vergleich zu anderen Fischen gewisse Eigentümlichkeiten betr. Bestand und Anordnung der Gewebeelemente aufweist. Das Epithel des Enddarmes des Schlammpeizgers ist sehr dünn und besitzt zahlreiche verzweigte Kapillaren. Die aufgenommene Luft diffundiert aus dem Darm durch die dünne Epithelschicht ins Blut. Bereits *Leydig* (1853) verglich diesen Darmaufbau mit dem Aufbau der Lunge.

Die Darmstruktur entspricht durchaus den Anforderungen seiner Betätigung und entwickelt sich bei jedem Individuum allmählich während der Onthogenese des Tieres. Wir wollen diese Anpassung von *Misgurnus fossilis* an die besonderen Atmungsverhältnisse vermittelst Schaffung eines respiratorischen Enddarmes morphologische Adaptation nennen. Wenn bei kiemenatmenden Fischen eine viel stärkere Kiemenentwicklung anzutreffen ist, als bei darmatmenden, so ist auch dieses ein Zeichen von morphologischer Adaptation der Kiemen an die Atmungsanforderungen. Die morphologische Adaptation des Enddarmes von *Misgurnus fossilis* an eine gesteigerte Darmatmung hat *Āboliņš* (2) speziell untersucht und bewiesen, dass diese in drei abgestuften Anpassungsstadien zum Ausdruck gelangt, wobei schon nach 2-monatlicher gesteigerter Darmatmung eine Vermehrung der Blutgefäße und ein verstärktes Herantreten des Blutes an das Darmlumen eintritt.

Auch bei den anderen Atmungsorganen ist in grösserem oder geringerem Masse eine morphologische Adaptation zu beobachten; die Organe können sich in bestimmten Grenzen einer verstärkten Funktion anpassen. *Vacek* (13) konstatierten bei einer Maus, die in einem geschlossenen Gefäss unter vermindertem Sauerstoffdruck gehalten wurde, dass sich nach einiger Zeit die

Blutkapillaren der Lunge vermehrt hatten. Es bildete sich ein dichtes Kapillarnetz und später vergrösserten sich auch die Lungenalveolen. Hier haben wir es mit einer morphologischen Anpassung der Lunge zu tun. *Drastich* (7) untersuchte Salamander- und Tritonlarven sowie auch Kaulquappen, wobei er das Verhältnis zwischen dem partiellen Sauerstoffdruck und der Respirationsfläche ins Auge fasste. Die Salamanderlarven wurden gehalten: 1) in sauerstoffarmer Atmosphäre und 2) in reinem Sauerstoff. In sauerstoffarmer Luft vergrösserte sich der Kiemenumfang, in reinem Sauerstoff atrophierten die Kiemen allmählich. Ähnliche Resultate erzielte der Autor auch mit Tritonlarven. Vermittelt der Adaptation der Atmungsfläche wird eine Kompensation der verringerten Sauerstoffdiffusion bei niedrigem Partialdruck des Sauerstoffs erreicht, sie ist jedoch keine vollkommene, und neben ihr findet nach *Drastich's* Beobachtungen noch eine biochemische Regulation statt.

Der Endzweck der Atmung ist Gaswechsel. Dieser geschieht vermittelt des Blutes und daher steht auch der Blutbestand in festem Zusammenhange mit der Atmung und ihrer Intensität. Es ist bekannt, dass sich mit dem Erheben über dem Meeresspiegel sowohl der Partialdruck des Sauerstoffs der Luft, als auch das relative Quantum des absorbierten Sauerstoffs wegen beschleunigter Blutzirkulation vermindern. Doch ist ein Aufenthalt von Lebewesen in verdünnter Luft wohl möglich, solange eine genügende Ventilation ihrer Lungen resp. Kiemen stattfindet. Neben diesem Vorgange kann auch eine vergrösserte Erythrozytenzahl den Gaswechsel aufrecht erhalten. In 1 mm³ Blut eines normalen erwachsenen Mannes befinden sich ca 5 Millionen Erythrozyten; die Bewohner hoher Gebirge hingegen haben 6—7 Millionen Erythrozyten in 1 mm³ und somit eine grössere Hämoglobinmenge im Blute. Also bestimmt die Erythrozytenanzahl die Sauerstoffkapazität des Blutes. *Loewy* (zit. nach V. Fürth) hielt ein Kaninchen 6 Wochen lang unter erhöhtem (um 200%) und darauf unter vermindertem Sauerstoffdruck. Im ersten Falle war eine Verminderung der Hämoglobinmenge und der Erythrozytenzahl (um 85—55%) zu beobachten, im zweiten hingegen eine bedeutende Zunahme. Aus diesen Beobachtungen muss man schliessen, dass eine Adaptation des Blutes an die eigenartigen Atmungsverhältnisse stattgefunden hat. Es erweist sich also, dass nicht nur eine morphologische Adaptation der Atmungsorgane, sondern auch eine physiologische Adaptation des Blutes an gesteigerte Atmungsanforderungen möglich ist.

Es war die Aufgabe meiner Arbeit auf experimentellem Wege festzustellen, ob und welche Veränderungen durch gesteigerte Darmatmung im Blutbestande von *Misgurnus fossilis* entstehen und auf welche Weise die physiologische Adaptation des Blutes stattfindet. Das Thema zu dieser meiner Kandidatenarbeit wählte ich auf Vorschlag des Herrn Dozenten *L. Āboliņš*. Für die mir im Verlaufe dieser Arbeit erteilten Hinweise und Ratschläge spreche ich auch an dieser Stelle Herrn Doz. *L. Āboliņš* meinen wärmsten Dank aus.

II. Einige Daten über die Atmungsintensität von *Misgurnus fossilis*. Untersuchungstechnik.

Die Kiemen dienen der Aufnahme von Sauerstoff, sowie der Ausscheidung der Kohlensäure. Die Mechanismen beider Prozesse sind von einander relativ unabhängig. Nach *Loewy* (11) verbrauchen Knochenfische durchschnittlich in 1 Stunde auf 1 kg Körpergewicht 44—89 cm³ (Forelle bis 219 cm³) oder auf 1 g Körpergewicht 0,051 mg Sauerstoff. *Kupzis* (zit. nach H. Winterstein) hat auf experimentellem Wege bewiesen, dass bei 1,30 mg (0,91 cm³) Sauerstoff in 1 Liter Wasser bei Ellritzen, Kaulbarschen, Flussbarschen, Rotfedern und Brachsen ein Zustand schwerer Dispnoe und bei 0,94 mg (0,66 cm³) Sauerstoff Ersticken eintritt. *Dungan* und *Hoppe-Seyler* (zit. nach H. Winterstein) konstatierten, dass bei Forellen ein Zustand schwerer Dispnoe bereits bei 1,7 cm³—0,8 cm³ (2,43—1,14 mg) Sauerstoff auf 1 Liter Wasser eintritt. Die Atmungsfrequenz steigt in einer Minute von 70 auf 160. Bei 0,72—0,54 mg O₂ pro Liter tritt der Erstickungstod ein.

Eine starke CO₂-Konzentration hingegen wird vom Fisch mit Leichtigkeit ertragen. Nur wenn der Gehalt freier CO₂ in 1 Liter Wasser 64 cm³ (125,44 mg) bei 7,5° C. übersteigt, wirkt er auf Fische schädlich. Tödliche Wirkung tritt ein, wenn das Quantum freier Kohlensäure 142 cm³ (278,32 mg) übersteigt, was jedoch unter den gewöhnlichen Experimentierbedingungen nicht vorkommt. Mit dem Anwachsen der CO₂-Konzentration des Wassers (also auch des Blutes) steigt auch die Atmungsfrequenz, naturgemäss nur bis zu einer gewissen Grenze, an.

Baumert (zit. nach *L. Āboliņš*) untersuchte die Atmungsintensität der Kiemen- und der Hautatmung bei *Cobitis fossilis* und fand, dass der Schlammpeizger auf 1 kg Körpergewicht in 1 Stunde, unter diesen Umständen, 24,93 cm³ O₂ verbraucht und 23,72 cm³ CO₂ ausscheidet, der R. Q. von 15 Beobachtungen gleicht 0,96 bei

einer Temperatur von 9° — $21,5^{\circ}$ C, Wohl wird diese Zahl von anderen Autoren wegen der von *Baumert* in seinen Untersuchungen angeblich zugelassenen Ungenauigkeiten angezweifelt. *Baumert* vergleicht auch die Atmungsintensität von *Misgurnus fossilis* mit der von *Thinca* u. a., und kommt zum Schlusse, dass die grössere Atmungsintensität beim Schlammpeizger durch die zahlreichen grossen Blutgefässe des Darmes zu erklären ist.

Später stellten auch *Jolyett* und *Regnard* (zit. nach L. Āboliņš) Messungen des Gaswechsels (gleichzeitig der Kiemen-, Haut- und Darmatmung) des Schlammpeizgers an und konstatierten, dass der Fisch im Verlaufe 1 Stunde auf 1 kg Körpergewicht $86,3 \text{ cm}^3$ Sauerstoff verbraucht, und unter denselben Umständen $68,33 \text{ cm}^3$ Kohlensäure ausscheidet; der R. Q. beträgt also 0,78 bei einer Temperatur von 17° — 22° C. Sollten *Baumert's* Zahlen richtig sein, so könnte man eventuell den Unterschied zwischen ihnen und denen von *Jolyett* und *Regnard* erbrachten dadurch erklären, dass in *Baumert's* Experimenten nur Kiemen und Haut an der Atmung beteiligt waren, während in *Jolyett's* und *Regnard's* Versuchen auch der Darm an ihr teilnahm, der bei starker O_2 -Respiration nur in geringem Masse CO_2 auszuschleiden vermag.

Aus den später von *Calugareanu* (5,6) angestellten Untersuchungen ersieht man, dass der Schlammpeizger bei Gesamtatmung mit Kiemen, Haut und Darm, auf 1 kg Körpergewicht in 1 Stunde ca. $73,88 \text{ cm}^3$ Sauerstoff verbraucht und $71,58 \text{ cm}^3$ Kohlensäure ausscheidet. Der R. Q. gleicht also 0,98. Obgleich man diese Resultate nicht mit den von *Baumert* erzielten vergleichen kann, stimmen dennoch die Respirationsquotienten fast völlig überein. Dieses konnte dadurch erklärt werden, dass *Baumert* seine Untersuchungen bei einer niedrigeren Temperatur als *Calugareanu* ausgeführt hatte, *Jolyett's* und *Regnard's* Experimente dagegen sind bei einer höheren Temperatur als *Calugareanu's* Untersuchungen angestellt worden, wobei in Betracht gezogen werden muss, dass der R. Q. sich mit steigender Temperatur vermindert. Ausserdem stellte *Calugareanu* fest, dass *Misgurnus fossilis* seine physiologischen Atmungsanforderungen in fast gleichem Masse vermittelt aller drei Atmungsarten (1. Kiemen + Haut + Darm; 2. Kiemen + Haut und 3. Haut + Darm) befriedigt, und dass alle drei Atmungsarten bezüglich ihrer Bedeutung im Lebensprozesse des Tieres physiologisch äquivalent sind.

Calugareanu analysierte auch die reine Darmatmung,

in dem er mit Vaseline eingefettete Schlammpeizger in gekochtem, abgekühltem, mit Vaselineöl überdecktem Wasser hielt. Bei dieser Atmungsart hatte sich der R. Q. (0,81) um fast 20% verringert, besonders war die CO_2 -Ausscheidung gesunken. Auch die Atmungsintensität hatte sich vermindert (auf 1 kg Körpergewicht wurde in 1 Stunde $59,31 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$ verbraucht und nur $48,72 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$ ausgeschieden). Man sieht also, dass der Darm von *Cobitis fossilis* als Atmungsorgan funktionierend wohl eine genügende O_2 -Menge aufzunehmen (zu absorbieren) vermag, nicht jedoch die äquivalente CO_2 -Menge ausscheiden kann. *Calugareanu* erklärte dieses folgendermassen: Die vom Schlammpeizger verschluckte Luft verbleibt im Darmkanal längere Zeit, als die Reserveluft in der Lunge. Die CO_2 -Moleküle werden in die weniger bewegte Darmluft viel schwerer aus dem Blute ausgeschieden, als in die bewegte Lungenluft. Eine dünne Schicht der vom Blute ausgeschiedenen Kohlensäure bedeckt längere Zeit das Darmepithel und erschwert das Ausscheiden weiterer CO_2 Mengen; so kann dieses Gas nur schwer aus dem Blute entweichen. Die durch die Haut ausgeschiedene Kohlensäure wird dank ihrer Löslichkeit in Wasser von der, durch die Bewegung des Fisches erzeugten Strömung stets fortgespült. Daher kann die Haut ungehindert neue CO_2 -Mengen ausscheiden.

Aus den Untersuchungen von *Jolyett*, *Regnard* und *Calugareanu* ergibt sich, dass *Cobitis fossilis* ein Fisch mit stark ausgeprägter Atmungsintensität ist; die von ihm verbrauchte O_2 -Menge (auf 1 kg Gewicht in 1 Stunde), sowie das ausgeschiedene CO_2 -Quantum, sind bedeutend grösser, als bei einer grossen Anzahl anderer Fische. Bereits *Jolyett* und *Regnard* wiesen darauf hin, dass *Cyprinus auratus* auf 1 kg in 1 Stunde $39,34 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$, *Muraena anguilla* auf 1 kg in 1 Stunde $44,25 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$, jedoch *Misgurnus fossilis* auf 1 kg in 1 Stunde $86,30 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$ verbraucht. Dasselbe sehen wir beim Vergleich der von *Calugareanu* für den Schlammpeizger erhaltenen Zahlen mit den bereits früher erwähnten von *Loewy* angeführten.

Zu meiner Verfügung standen 30 *Misgurnus fossilis* Exemplare. Alle diese Fische hielt ich im geräumigen Aquarium des Laboratoriums, wo ihnen ständig frisches, sauerstoffreiches Wasser zuströmte, das im allgemeinen dem natürlichen See- und Flusswasser entsprach. Unter diesen Umständen wurde die Darmatmung von den Schlammpeizgern nur selten betätigt, und nur gelegentlich (in 1 Stunde ca 1—2 Mal) tauchten die Fische zur Oberfläche auf um Luft zu schnappen. Versuche der gesteigerten Darmatmung wurden mit 18 Fischen angestellt. Diese Fische wurden in doppelhalsi-

gen Glasflaschen von je 10 Liter Inhalt, auf drei Tage gesetzt, und zwar in jede Flasche 3 Fische. In jeder Flasche befanden sich 6 Liter gekochtes, abgekühltes und mit H_2 ventiliertes Wasser. Nach dem Einfüllen wurden die Flaschen vermittelst paraffinierter Korkpfropfen verschlossen, in denen sich dünne, kurze Glasröhrchen zur Zuleitung von Wasser und Luft befanden. Es ist nicht ratsam, die Fische länger als 3 Tage in demselben Wasser zu halten, denn schon nach 48 Stunden hat das Wasser üblen Geruch, der von aus der Haut ausgeschiedenem Schleim und Exkrementen herrührt. Zum Abkochen des Wassers diente ein zylindrisches Zinkblechgefäß von 36 Liter Inhalt, an dessen unterem Ende sich ein Rohr zum Wasserabfluss befand; im Deckel des Gefäßes befanden sich 2 weitere Röhren, die je nach Bedarf abgeschlossen werden konnten: die eine diente zum Füllen des Gefäßes mit Wasser, die andere zur Ableitung der Luft während des Einfüllens und zur Ventilation mit H_2 . Zum Abkochen wurde das Gefäß stets ganz gefüllt und auf ein Metallstativ gestellt; das Kochen auf dem Bunsenbrenner dauerte jedesmal 2 Stunden. Nach dem Abkochen wurden die im Deckel befindlichen Röhren stets hermetisch verschlossen; in diesem abgeschlossenen Zustande kühlte sich dann das Wasser bis zum nächsten Tage ab. Am nächsten Tage, kurz vor Einfüllung in die Experimentiergefäße, wurde das Wasser 1 Stunde lang von, im *Kipp*'schen Apparat gereinigtem und getrocknetem Wasserstoff durchströmt. Das so behandelte Wasser wurde darauf durch das untere Gefäßrohr in die vorher sorgfältig ausgespülten Flaschen gefüllt.

Alle quantitativen Wasseranalysen (für O_2 und CO_2) wurden für Sauerstoff — nach dem titrimetrischen Verfahren von *Winkler*, und für Kohlensäure — nach dem Verfahren von *Müller* (Abderhalden, Hndb. — 1) ausgeführt.

Tabelle 1A.

O_2 -Gehalt in 1 Liter gekochten, unventilierten Wassers, in offener Glasflasche ohne Fische.

Datum	Gleich nach dem Einfüllen in		Nach 24 Stunden in	
	mg	cm ³	mg	cm ³
20. 7. 32	2,28	1,59		
1. 11. 32			2,34	1,63
2. 11. 32			2,28	1,59
3. 11. 32			2,36	1,65
5. 11. 32	2,24	1,56		
9. 11. 32	2,00	1,39		
Mittelwerte:	2,17	1,51	2,33	1,62

Tabelle 1B.

O₂-Gehalt in 1 Liter gekochten, ventilierten Wassers, in offener Glasflasche ohne Fische.

Datum	Gleich n. d. Einfüllen. in		Nach 24 ^h . in		Nach 48 ^h . in		Nach 72 ^h . in	
	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³
23. 7. 32	1,14	0,79						
3. 11. 32	1,62	1,12						
25. 7. 32			2,21	1,54				
4. 11. 32			1,96	1,37				
4. 11. 32			1,86	1,30				
4. 11. 32					5,75	4,02		
27. 7. 32					5,81	4,06		
5. 11. 32					5,78	4,04		
30. 7. 32							6,26	4,37
3. 11. 32							5,96	4,16
6. 11. 32							6,45	4,51
Mittelwerte:	1,38	0,95	2,01	1,40	5,78	4,04	6,22	4,35

Die Analysen ergaben in 1 Liter Leitungswasser durchschnittlich 6 mg (4,2 cm³) Sauerstoff und 87,30 mg (44,54 cm³) Kohlensäure. Hingegen in gekochtem, abgekühltem Wasser, das 1 Stunde lang mit H₂ ventiliert wurde, waren im Mittel 1,38 mg (0,97 cm³) Sauerstoff in 1 Liter enthalten (siehe Tab. 1). Wir sehen also, dass das Wasser nach Abkochen und Ventilieren mit H₂, nur noch 23% der im natürlichen Zustande enthaltenen O₂-Menge aufweist. Auch nach 24 Stunden war in 1 Liter ventilierten Wassers um 0,32 mg weniger O₂, als im unventilierten Wasser (siehe Tab. 1 A u. B). In diesem Wasser, das nicht mehr als 1/4 des normalen O₂-Gehalts aufwies, war der Fisch unbedingt zu gesteigerter Darmatmung gezwungen, um den mangelnden Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen. Die Kiemendeckel wurden nur selten bewegt (bei Abgabe der CO₂) und oft tauchten die Fische auf, um Luft zu schnappen. Seiner chemischen Zusammensetzung nach, enthielt das Wasser wohl noch Sauerstoff, jedoch vom physiologischen Standpunkt aus konnte es als sauerstofffrei angesehen werden. Man ersieht jedoch aus Tabelle 1B, dass im offenen Gefäß befindliches ventiliertes Wasser sich langsam mit O₂ sättigt und nach 72 Stunden ebensoviel Sauerstoff enthält, wie natürliches Wasser.

Ich analysierte auch, um mich von den tatsächlichen Atmungsverhältnissen zu überzeugen, den O₂-Gehalt des gekochten und mit H₂ ventilierten Wassers, nachdem sich in letzterem 3 Fische (auf 6 Liter Wasser) aufgehalten hatten (Tabelle 2). Wie aus den Mittel-

werten dieser Tabelle zu ersehen ist, ist der O_2 -Gehalt von 6 Lit. abgekochten und ventilierten Wassers, in dem sich drei Fische befanden, auch nach einer Dauer von 96 Stunden nur um 0,54 mg pro Liter angewachsen. Hieraus ergibt sich, dass das Wasser, in dem sich die Fische aufhielten, auch während der ganzen Experimentsdauer sehr sauerstoffarm gewesen ist. Im Verlaufe von 72 Stunden (in welcher Zeit mit den Fischen experimentiert wurde) war der O_2 -Gehalt nur um 6% angewachsen, erreichte somit 29% des normalen O_2 -Gehalts von Leitungswasser und überragte kaum den Dispnoestand. Bei einem so geringen O_2 -Quantum waren die Fische zweifelsohne die ganze Experimentsdauer hindurch zu gesteigerter Darmatmung gezwungen.

Tabelle 2.

O_2 -Gehalt in 1 Liter gekochten und mit H_2 ventilierten Wassers, in welchem sich 3 Fische befanden, nach Stehen in offener 6-Literflasche.

Datum	Nach 24 ^h		Nach 48 ^h		Nach 72 ^h		Nach 96 ^h	
	mg	cm ³						
24. 9. 32	1,36	0,95						
26. 9. 32			1,49	1,04				
29. 9. 32			1,06	0,74				
29. 9. 32			1,18	0,82				
26. 10. 32			1,56	1,09				
30. 10. 32			1,50	1,04				
30. 10. 32			1,43	1,00				
26. 9. 32					1,70	1,18		
26. 9. 32					1,65	1,15		
27. 9. 32					1,64	1,14		
27. 9. 32					1,63	1,14		
29. 9. 32					1,70	1,18		
29. 9. 32					1,67	1,16		
21. 10. 32					1,76	1,23		
21. 10. 32					1,79	1,25		
27. 10. 32					1,83	1,28		
31. 10. 32					1,88	1,31		
30. 10. 32							1,89	1,32
31. 10. 32							1,96	1,37
Mittelwerte:	1,36	0,95	1,37	0,96	1,70	1,20	1,92	1,34

Meine systematischen Beobachtungen an den Kiemenbewegungen der Versuchstiere stimmen völlig mit den Feststellungen anderer Autoren überein: beim Uebergang zur Darmatmung in sauerstoffarmem Wasser bewegt der Schlammpeizger die Kiemendeckel nur ganz langsam; nach jedem vollzogenen Darmatmungsakt hören

die Kiemenbewegungen ganz auf, und setzen nach einer bestimmten Zeitspanne nur allmählich wieder ein. Die Frequenz des Darmatmungsaktes ist aus den in Tabelle 3 angeführten Zahlen zu ersehen. Diese zeigen, dass die Fische mit der Zeit, d. h. gegen Ende des Experimentes hin, bedeutend seltener nach Luft auftauchen. Nach viermonatlichem Aufenthalt in gekochtem, sauerstoffarmem Wasser tauchen die Fische zum Atemschöpfen im Verlaufe einer Stunde nur ca 1 Mal (ebenso wie das Kontrolltier) auf. Vielleicht lässt sich dieses dadurch erklären, dass

- a) der aufgenommene Sauerstoff, im Zusammenhange mit der Ausbildung des Kapillarsystems im Darne, vollkommener ausgenutzt wird;
- b) während der Experimentszeit sich die Adaptation des Blutbestandes vollzieht;
- c) zum Ende der Experimentszeit jeder Darmatmungsakt sich langsamer vollzieht und die Luft etwas länger im Darne verbleibt;
- d) zum Experimentsende hin, die Fische ermatten und im allgemeinen weniger Sauerstoff verbrauchen.

Tabelle 3.

Die Frequenz des Auftauchens der Kontroll- und Experimentierfische nach Luft während 1 Stunde (bei einer Temp. von 16°—18° C).

Kontrollfische, im Aquarium		Experimentierfische, in Flaschen	
Datum	wievielmals aufgetaucht	Datum	wievielmals aufgetaucht
10. 7. 32	2	9. 8. 32	30
15. 7. 32	0	18. 8. 32	19
25. 7. 32	2	24. 8. 32	21
9. 8. 32	0	27. 8. 32	20
18. 8. 32	1	28. 8. 32	19
24. 8. 32	0	30. 8. 32	22
28. 8. 32	0	31. 8. 32	24
2. 9. 32	1	2. 9. 32	18
8. 9. 32	1	5. 9. 32	15
15. 9. 32	0	8. 9. 32	16
27. 9. 32	1	26. 9. 32	12
11. 10. 32	0	5. 10. 32	11
26. 10. 32	1	8. 10. 32	10
30. 10. 32	2	11. 10. 32	12
5. 11. 32	0	17. 10. 32	8
3. 12. 32	1	20. 10. 32	6
5. 12. 32	2	26. 10. 32	3
		30. 10. 32	1
		2. 11. 32	2
		17. 11. 32	1
		21. 11. 32	1

Als mittlere Pausendauer der gesteigerten Darmatmung müssen unter den von uns herbeigeführten Umständen 5 Minuten angenommen werden. Wenn man diese Zeit mit dem von mir am Kontrolltiere beobachteten Auftauchen (ca. 1 Mal in 1 Stunde) vergleicht, so muss man feststellen, dass der Sauerstoffmangel im Wasser tatsächlich eine verstärkte Darmventilation bei *Misgurnus fossilis* hervorgerufen hat.

Alle 3 Tage wurden die Fische mit in kleine Stückchen zerschnittenen Regenwürmern und Schnecken (*Planorbis corneus*) gefüttert. Zur Fütterung wurden die Fische in ein anderes Gefäss gesetzt, und während der Fütterungszeit wurden die Experimentierflaschen sorgfältig ausgewaschen, gespült und auf's neue gefüllt. Nach beendeter Fütterung wurden die Fische wieder in die Versuchsgefässe zurückgesetzt. Solcherart dauerten diese Versuche der zwangsweise durchgeführten, gesteigerten Darm- und Hautatmung 4 Monate hindurch, welche Zeit der maximalen, von *Ābolinš* (2) für den Schlammpeizger bei ausschliesslicher O₂-Aufnahme durch Darm und Haut festgestellten Grenze (von 4 ½ Monaten) sehr nahe steht.

Zum Ende des Experimentes hin war die Hautfärbung der die Darmatmung betätigenden Fische eine hellere, ebenso war auch der Schleimbelag der Haut ein viel dünnerer; augenscheinlich sind dieses Folgen der Einwirkung des gekochten Wassers und der ungewohnten Lebensverhältnisse. In keinem Falle war ein Eingehen der Fische, oder das Auftreten irgendeiner pathologischen Erscheinung zu konstatieren. Auch nicht an einem der 18, dem Experiment unterworfenen Tiere, war nach viermonatlicher, maximaler Darmatmung am Anus, selbst bei sorgfältigster Untersuchung, irgendwelche Veränderung wahrzunehmen. Wohl aber traten, gegen das Experimentensende hin, verschiedene, bereits 1921 von *Ābolinš* beschriebene, charakteristische Stellungen beim Schwimmen auf. Während der ganzen Experimentensdauer habe ich auch die Ausscheidung von Schleimsäckchen durch den Anus beobachten können.

Um während der Experimentszeit die Atmungsintensität und den R. Q. periodisch überprüfen zu können, unternahm ich diesbezügliche Messungen mit dem *Kestner'schen* Apparat (Abd. Hndb. — 1a). Der Versuchsfisch wurde zur Untersuchung der Atmungsintensität auf 1 Stunde in das hermetisch verschlossene, 6 Liter umfassende Gefäss des *Kestner'schen* Apparats gesetzt, in dem sich 2 Liter gekochten und mit H₂ ventilierten Wassers befanden. Auch mit den Kontrolltieren stellte ich die gleichen Untersu-

chungen im selben Apparat an, nur wurde hierbei Leitungswasser verwandt. Die Manometer- und Gewichtsberechnungen ergaben Veränderungen in der Zusammensetzung der im Apparat zirkulierenden Luft, die durch die Atmung der Fische hervorgerufen worden waren. Die Veränderungen der Zusammensetzung der Wassergase wurden nach den Verfahren von *Winkler* und *Müller* an den dem Gefäss entnommenen Wasserproben bestimmt.

Zur Analyse der Blutadaptation nahm ich während der Versuchszeit folgende Bestimmungen vor: a) Zählung der Erythrozyten in der *Bürker'schen* Kammer; b) Messung der Erythrozytendurchmesser vermittelt des *Ramsden'schen* Messokulars; c) Hb-Bestimmung nach dem colorimetrischen Verfahren von *Autenrieth*; d) Berechnung der Erythrozytenoberfläche nach der Formel

$$V = a \pi b \left(b + \frac{a^2}{e} \arcsin \frac{e}{a} \right); e^2 = a^2 - b^2.$$

Zu diesen Analysen wurde Blut der Schwanzvene entnommen, wobei der Körper zwischen Rücken- und Schwanzflossen durchschnitten wurde.

III. Untersuchungen.

1) *Adaptation des Blutbestandes an gesteigerte Darmatmung.*

Die Erythrozyten von *Misgurnus fossilis* sind kernhaltige, ovale Zellen, deren Färbung im Mikroskop bei dünner Schichtung grünlichgelb, bei dickerer hingegen intensiv rot erscheint. Die Leukozyten sind farblose Zellen von veränderlicher Form, und ihrem Umfange nach bedeutend kleiner als die Erythrozyten.

Wie bekannt, ist Anzahl und Grösse der Erythrozyten beim männlichen und weiblichen Geschlecht verschieden. Beim Schlammpeizger ist auch eine Veränderung ihrer Anzahl, abhängig von der Tageszeit (*Lupu* 9) wahrgenommen worden. Dieses in Betracht ziehend habe ich bei allen Messungen das Geschlecht und die Zeit der Blutentnahme vermerkt. — Ich stellte den Blutbestand von *Misgurnus fossilis* zuerst an den Kontrolltieren fest; er ist aus Tabelle 4 zu ersehen. Bei 3 Fischen versuchte ich provisorisch das Einwirken des Hungers auf den Blutbestand zu beobachten.

Tabelle 4.

Erythrozytenzahl-, durchmesser-, oberfläche und Hämoglobingehalt im Blute der normalen Kontrollfische.

Datum	Stunde der Blutentnahme	Geschl.	Erythroz. in 1mm^3	Erythrozyten-durchmesser		Oberfläche	Hb-Menge in g in 100cm^3 Blut	Anmerkung
				im Querschnitt	im Längsschnitt			
23. 8. 32	8h	weibl.	2.313.750	10,8	14,8	466,3	11,2	8 St. nach dem Füttern
.. .	13h	"	2.300.000	10,8	14,8	466,3	11,2	16 St. nach dem Füttern
1. 11. 32	8h	männl.	2.373.125	11,0	14,6	466,3	11,6	2 St. nach dem Füttern
.. .	14h	"	2.202.500	10,6	14,4	454,1	11,0	10 St. nach dem Füttern
.. .	20h	weibl.	1.920.000?	10,8	14,8	466,3	10,8	18 St. nach dem Füttern
5. 11. 32	8h	männl.	2.218.750	10,8	15,4?	478,6	11,4	6 Tage gehungert
.. .	14h	"	2.228.750	10,8	14,4	458,2	12,8	6 Tage gehungert
.. .	20h	"	2.408.125	10,8	14,4	458,2	13,4?	6 Tage gehungert

Aus der Tabelle ersieht man, das der Blutbestand der Kontrollfische (2 bis 18 Stunden nach der Fütterung) zu den verschiedenen Tageszeiten folgende Mittelwerte (von 4 Tieren, das letzte nicht mit eingerechnet) aufweist: Erythrozytenzahl — 2.304.843; Oberfläche einzelner Erythrozyten — $460\mu^2$, Querdurchmesser — $10,8\mu$, Längsdurchmesser — $14,4\mu$, Hämoglobinmenge in 100cm^3 Blut — 11,3 g.

Nach *Buschnita's* (4) Untersuchungen, gleicht der Querdurchmesser der Erythrozyten des Schlammpeizgers — $8,8\mu$, der Längsdurchmesser dagegen 15μ , welche Zahlen sich nur wenig von den von mir gefundenen unterscheiden. Der bei den vorläufigen Versuchen festgestellte Blutbestand der Fische nach 6 tägigem Hungern ergab (im Mittel von drei Fischen, eine scheinbar nur geringe Zunahme der Erythrozyten und Hämoglobinmenge; der Umfang der Erythrozyten und ihre Anzahl ändern sich aber nicht. Der Blutbestand in beiden Geschlechtern wies beim Schlammpeizger nur geringfügige Unterschiede auf, doch ist die Anzahl der Messungen eine zu geringe, um endgültige Feststellungen machen zu können.

Auch scheinen meine Resultate nicht die Beobachtungen von *Lupu* zu bestätigen, denn, wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, schwankt die Erythrozytenzahl wohl zu verschiedenen Tageszeiten und Stunden nach der Nahrungsaufnahme, doch sind diese Schwankungen nicht so gewaltige, wie *Lupu* sie in ihrer Arbeit schildert. Nach ihren Beobachtungen schwankt die Erythrozytenzahl in dem dem Herzen oder der Milz entnommenen Blute von *Misgurnus fossilis* im Verlaufe von 24 Stunden von 868.000 bis 7.401.000 in 1 cm³. Bei der letztgenannten Erythrozytenzahl erreicht die Hämoglobinmenge des Blutes ihr Maximum (21,02 g Hb in 100 cm³ Blut). Bereits *Buschnita* (4) bezweifelte eine so hohe Erythrozytenzahl, und berechnete, dass in 1 mm³ Blut faktisch unmöglich 7.401.000 Erythrozyten enthalten sein können, auch wenn man die sonstigen Blutbestandteile, wie Leukozyten, Trombozyten und Blutplasma nicht mitrechnet. *Buschnita* stellte Messungen an mehreren Schlammpeizger-Exemplaren an und konstatierte, dass die Erythrozytenzahl in 1 mm³ Blut zwischen 2—3 Millionen schwankt. Diese Zahlen stimmen gut mit meinen Mittelwerten (2.296.570) überein.

Tabelle 5.

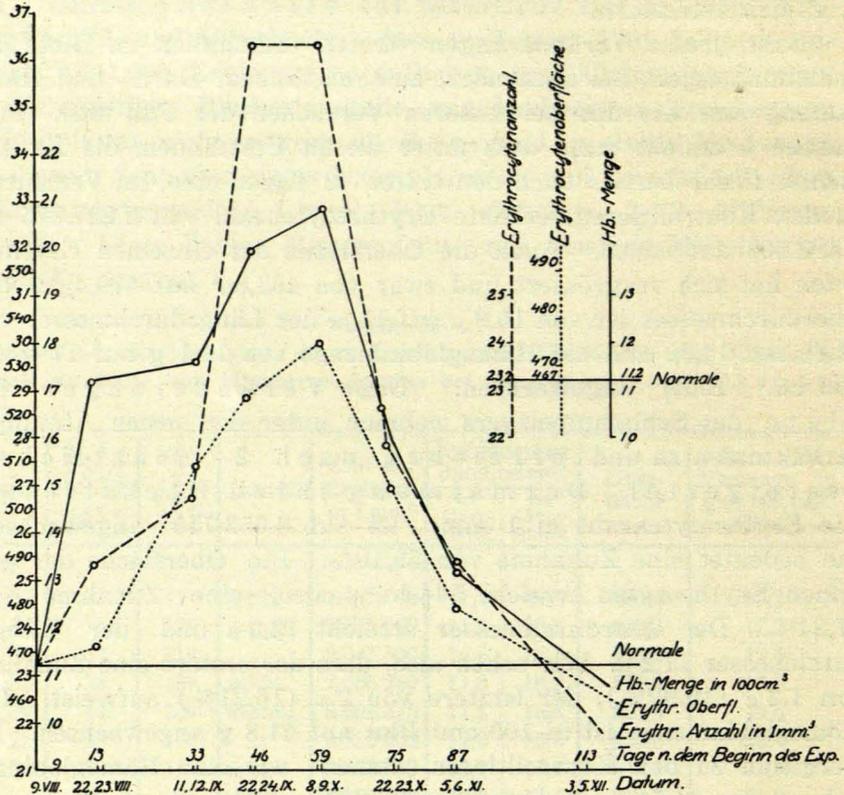
Anzahl der Erythrozyten, deren Durchmesser, Oberfläche und Hämoglobinengehalt im Blute von *Misgurnus fossilis* bei gesteigerter Darmatmung.

Datum	Am wievielen Tagen nach Beginn d. Exprim.	Stunde der Blutentnahme	Geschl.	Zahl der Erythrozyten in 1 mm ³	Erythrozyten-durchmesser		Oberfläche	Hämoglobinmenge in g in 100 cm ³ Blut
					im Querschnitt	im Längsschnitt		
21. 8. 32	13.	11h	weibl.	2.482.500	11,0	14,8	470,4	17,2
22. 8. 32	14.	12h	männl.	2.575.000	11,2	15,0	470,4	17,2
11. 9. 32	32.	21h	"	2.687.500	11,6	15,6	499,0	17,6
12. 9. 32	33.	18h	weibl.	2.656.250	11,8	16,2	515,4	17,6
23. 9. 32	44.	23h	männl.	3.609.375	11,8	16,8	523,5	19,4
24. 9. 22	45.	17h	"	3.650.000	12,0	16,6	523,5	20,4
8. 10. 32	58.	12h	männl.	3.653.750	12,2	17,2	544,1	21,8
" " "	58.	16h	weibl.	3.650.000	12,2	17,2	544,1	21,8
9. 10. 32	59.	7h	männl.	3.625.000	12,0	17,2	539,9	21,8
" " "	59.	9h	weibl.	3.593.750	10,8	16,8	507,2	21,8
22. 10. 32	72.	10h	männl.	2.861.875	10,8	16,6	503,1	16,0
23. 10. 32	73.	13h	"	2.742.500	10,8	16,6	503,1	16,0
" " "	73.	16h	"	2.687.500	10,8	16,6	503,1	15,6
5. 11. 32	85.	7h	männl.	2.543.750	10,4	15,8	478,6	13,4
6. 11. 32	86.	8h	weibl.	2.503.750	10,4	15,8	478,6	13,0
" " "	86.	12h	"	2.518.750	10,2	15,6	470,4	12,6
3. 12. 32	112.	10h	männl.	2.165.000	10,8	14,6	462,2	11,0
5. 12. 32	114.	16h	"	2.290.625	10,8	14,6	462,2	11,2

Ich will jedoch nicht behaupten, dass Schwankungen des Blutbestandes, im Zusammenhang mit der periodischen Ausbildung des Schleimsacks im Darne, überhaupt nicht bestehen. Schon aus dem Grunde nicht, weil ich das Blut der Kaudalvene, während *Lupu* es dem Herzen und der Milz entnahm. Ausserdem sind meine Beobachtungen in dieser Richtung nur gelegentliche gewesen. Vor kurzem hat *Lupu* (10a) eine neue, sehr ausführliche Arbeit veröffentlicht, aus der zu ersehen ist, dass prallel mit den Schwankungen der Erythrocytenzahl und der Hb-Menge auch alle anderen Eigenschaften des Blutes, wie Alkalireserven, Albumingehalt, pH u. a. sich verändern.

Sehr grosse Veränderungen treten allmählich im Blute des Schlammpeizgers bei dauernder, ausschliesslicher Darm- und Hautatmung ein, wie das bei unseren Versuchen der Fall war. Aus Tabelle 5 ersieht man, dass unter diesen Umständen, die Experimentierfische bereits nach den ersten 12 Tagen eine, im Verhältnis zu den Kontrolltieren, erhöhte Erythrozytenzahl von 2.227.875 bis 2.482.500 aufweisen. Auch die Oberfläche der einzelnen Erythrozyten hat sich vergrössert und zwar von $463,8\mu^2$ auf $470,4\mu^2$; der Querdurchmesser ist von $10,8\mu$ auf 11μ , der Längsdurchmesser von $14,6\mu$ auf $14,8\mu$ und die Hämoglobinmenge von 11,1 g auf 17 g (in 100 cm^3 Blut) angewachsen. Diese Veränderungen im Blute des Schlammpeizgers nehmen unter den neuen Atmungsverhältnissen zu und erreichen nach 2 - monatlicher, gesteigerter Darmatmung ihren Höchststand. Die Erythrozytenzahl in 1 mm^3 ist auf 3.653.750 angewachsen, das bedeutet eine Zunahme von 59,10%. Die Oberfläche der einzelnen Erythrozyten erreicht $544,1\mu^2$, also, eine Zunahme von 17,24%. Der Querdurchmesser erreicht $12,2\mu$ und der Längsdurchmesser $17,2\mu$. Wir sehen also, dass der erstere eine Zunahme von $1,2\mu$ (10,90%), der letztere von 2μ (16,21%) aufweist. Die Hämoglobinmenge ist in 100 cm^3 Blut auf 21,8 g angewachsen. Im Vergleich zu den Kontrolltieren können wir eine Hämoglobinzunahme von 84,74% konstatieren. — Die Veränderungen des Blutbestandes bei gesteigerter Darmatmung verbleiben nach Erreichung ihres Maximums einige Zeit in diesem Zustande; danach setzt eine allmähliche Verringerung der Differenz ein und der Blutbestand der Experimentierfische nähert sich wieder dem der Kontrolltiere. Die Anzahl der Erythrozyten, ihr Durchmesser, Oberfläche und Hämoglobingehalt verringert sich wieder. Am 112. Tage nach Aufnahme der Versuche konstatierte ich, dass der Blut-

bestand der Experimentierfische (Zahl der Erythrozyten, ihre Dimensionen, Oberfläche und Hämoglobingehalt) identisch (etwas geringer sogar) mit dem Blutbestande normaler Fische (bei gleichzeitiger Kiemen-, Haut- und Darmatmung) war. Zu dieser Zeit betrug die Erythrozytenzahl in 1 mm³ 2.227.812; ihre Oberfläche—462,2 μ², Querdurchmesser — 10,8 μ, Längsdurchmesser — 14,6 μ, Hämoglobinmenge — 11,1 g. Diese Zahlen stimmen mit den mittleren, für die Kontrolltiere festgestellten und in Tabelle 4 angeführten, vollkommen überein.



Kurven Nr.1

Schwankungen der Hb.-Menge, der Erythrocytenoberfläche und deren Anzahl bei *Misgurnus fossilis* während des Experiments.

Während der ganzen Versuchszeit wurden die Messungen des Blutbestandes stets gleichzeitig bei mehreren Tieren vorgenommen, wodurch Gelegenheitsfehler vermieden wurden. Auch bei diesen Messungen waren weder bedeutende geschlechtliche Unterschiede,

noch auffallende von der Tageszeit abhängige Schwankungen zu beobachten.

Der Bestand des Fischblutes erleidet also tiefgehende Veränderungen, um schliesslich nach vier Monate langem Aufenthalt in gekochtem, sauerstoffarmem Wasser wieder seinen Normalzustand zu erlangen. Ich schliesse hieraus, dass das Tier, aus den gewohnten Atmungsverhältnissen in ungewohntes, sauerstoffarmes Wasser versetzt, sich sofort diesen neuen Verhältnissen anzupassen beginnt, und zwar zu allererst vermittelt der Änderung des Blutbestandes (physiologische Adaptation).

Die Kurven Nr. 1 veranschaulichen den Verlauf der oben geschilderten Schwankungen des Blutbestandes. Zugleich mit dem Beginn des Experimentes wächst die Oberfläche der Erythrozyten aber nur langsam und allmählich an. Nur nach 2 Wochen (beginnend mit dem 22. August) steigt die Oberflächenzunahme schneller an, um am 7. Oktober, nach 2 Monaten, ihr Maximum zu erreichen. Später nimmt die Oberflächengrösse ungefähr im ähnlichen Verlauf bis zum 4. November (3 Monate) stark ab; dann verlangsamt sich die Abnahme und die Oberfläche erlangt ihre Normalgrösse. Am Schlusse der Versuche (am 3. Dezember) ist die Oberfläche der Erythrozyten sogar etwas kleiner als normal («negative Nachschwankung»). Mit zunehmender Erythrozytenzahl vergrössert sich auch ihre gesamte Oberfläche und damit zugleich die O_2 -Absorbtiionsfähigkeit des Blutes. Am ausgesprochensten und am schnellsten ändert sich vom Beginn des Experimentes an die Hämoglobinmenge, die bis zum Ende der zweiten Woche ununterbrochen zunimmt; danach wächst sie bis zum 12. September (1 Monat) nur langsam, um dann, vom 12. September an, anzuschwellen und ihren Höchststand am 9. Oktober (nach 2 Monaten) zu erreichen. Daraufhin nimmt die Hämoglobinmenge gleichmässig schnell ab, später wird die Abnahme langsamer und dauert bis zum Ende des Experimentes an. Die Zunahme der Erythrozytenzahl nimmt einen etwas anderen Verlauf. Im ersten Experimentsmonat nahm die Erythrozytenzahl relativ langsam zu, später jedoch mit ausserordentlicher Schnelligkeit und erreichte bereits am 23. September (nach 6 Wochen) ihren Höchststand, in welchem sie bis zum 8. Oktober verblieb. Danach verminderte sich auch die Erythrozytenzahl zuerst schnell, später langsam und erreichte den Normalstand.

Wenn wir die einzelnen Kurven vergleichen, so sehen wir, dass sich zu allererst die Hämoglobinmenge den neuen Atmungsverhältnissen anzupassen beginnt. Dabei

kann man beobachten, dass die gesamte Hämoglobinzunahme nicht allein von der Zunahme der Erythrozytenzahl und ihrer Oberfläche herührt. Besonders deutlich ist dieses zu Beginn des Experimentes wahrzunehmen, zu welcher Zeit die die Erythrozytenzahl und -oberfläche darstellenden Kurven relativ langsam, die Hämoglobinkurve hingegen äusserst schnell ansteigen. Es ist möglich, dass zuerst die Menge des aktiven Hämoglobins in den bereits vorhandenen Erythrozyten anwächst. Darauf folgt eine sehr schnelle Zunahme der Erythrozytenzahl, die eine sekundäre Hämoglobinzunahme zum Ergebnis hat. Das geringste Adaptationsvermögen und die relativ grösste Beständigkeit weisen die Dimensionen der Erythrozyten auf. — Bemerkenswert ist, dass alle drei Adaptationsarten des Blutes ihren Höchststand fast zur gleichen Zeit erreichen. Die Rückkehr zu den normalen Verhältnissen erfolgt schneller, jedoch gleichmässiger.

Bei der Blutentnahme zu den Analysen konstatierte ich am 2.9.32. dass das Blut der Experimentierfische nicht so schnell wie bei den Kontrollfischen gerann. Es ist anzunehmen, dass die aufgezwungenen Lebensverhältnisse auch noch andere Bluteigenschaften beeinflussen.

2) *Relative Atmungsintensität bei Darm-, Haut- und Kiemenatmung.*

Während gesteigerter Darmatmung scheidet der Schlammpeizger den grössten Teil der während des Atmungsprozesses entstandenen Kohlensäure durch die Kiemen und die Haut aus. Der Sauerstoff hingegen wird hauptsächlich aus der Luft, vermittelt der Darmkapillaren aufgenommen. Daher mussten, um die Gesamtmenge des verbrauchten Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure festzustellen, sowohl Wasser als auch Luftanalysen gemacht werden. Die Versuche wurden im bereits erwähnten *Kestnerschen* Apparat bei einer mittleren Temperatur von 23° C. im Wasserthermostat angestellt.

Aus Tabelle 6 ist zu ersehen, dass der mittlere O_2 -Verbrauch der Kontrollfische (bei gleichzeitiger Kiemen-, Haut- und Darmatmung) auf 1 kg Körpergewicht in 1 Stunde 0,109 mg beträgt; das mittlere Quantum der unter denselben Verhältnissen ausgeschiedenen Kohlensäure beträgt 0,084 mg. Der aus diesen Zahlen errechnete mittlere Respirationsquotient (R. Q.) beträgt 0,76 (für

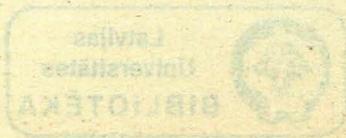


Tabelle 6.

Atmungsintensität der Kontrollfische im Verlaufe einer Stunde bei 23° C. (die Fische atmeten vermittelst Kiemen, Haut und Darm).

Datum	Wievielmals aufgetaucht	In der Atmungsluft									
		O ₂ -Verbrauch in		CO ₂ Ausscheid. in		Auf 1 g Körpergewicht verbr. O ₂		Auf 1 g Körpergewicht ausg. CO ₂		Auf 1 Darmvent. durchschn. aufgenom. O ₂	
		mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³
2.1.32	12	2,86	2,00	2,00	1,02	0,110	0,079	0,076	0,038	0,23	0,16
" "	11	2,72	1,90	2,00	1,02	0,104	0,072	0,076	0,038	0,24	0,17
" "	18	4,29	3,00	2,00	1,02	0,056	0,039	0,026	0,013	0,23	0,16
" "	16	3,86	2,70	2,00	1,02	0,050	0,039	0,026	0,013	0,23	0,16
3.11.32	35**	4,00	2,80	3,00	1,53	0,050	0,039	0,038	0,019	0,11	0,08
" "	29	3,43	2,40	3,00	1,53	0,043	0,030	0,038	0,019	0,11	0,08

Gewicht der Fische in g	Im Atmungswasser							
	O ₂ -Verbrauch in		CO ₂ -Ausscheidung in		O ₂ -Verbrauch auf 1 g Körpergewicht		CO ₂ -Ausscheidung auf 1 g Körpergew.	
	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³
26,0	2,92	2,04	2,30	1,17	0,112	0,078	0,088	0,045
	2,34	1,64	2,20	1,12	0,090	0,063	0,084	0,042
76,5	0,70	0,50	1,10	0,56	0,009	0,006	0,014	0,007
	1,03	0,72	1,60	0,82	0,013	0,009	0,020	0,010
78,5	0,94	0,66	0,60	0,30	0,011	0,007	0,007	0,003
	0,84	9,59	0,80	0,40	0,100	0,007	0,010	0,005

Zusammen in Luft und Wasser								
O ₂ -Verbrauch auf 1 Fisch in		CO ₂ -Ausscheidung auf 1 Fisch in		O ₂ -Verbrauch auf 1 g in		CO ₂ -Ausscheidung auf 1 g in		R. Q.
mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	
5,78	4,04	4,30	2,19	0,222 ?	0,155	0,164	0,083	0,74
5,06	3,54	4,20	2,14	0,194 ?	0,135	0,160	0,081	0,83
4,99	3,49	3,10	1,63	0,065	0,045	0,040	0,020	0,62
4,89	3,42	3,60	1,83	0,063	0,044	0,046	0,023	0,74
4,94	3,45	3,60	1,83	0,061	0,042	0,045	0,023	0,73
4,27	2,99	3,80	1,93	0,053	0,037	0,048	0,024	0,89
Mittelwerte				0,061	0,042	0,045	0,022	0,74

***) Das häufige Auftauchen der Fische hängt nicht immer mit der Darmventilation zusammen, sondern kann eine Folge gelegentlicher Erregung sein.

alle 6 Kontrollfische). Wenn man bei der Berechnung der Mittelwerte die beiden ersten Kontrollfische, die sehr jung waren und besonders starke Atmungsintensität aufwiesen, ausschliesst, so beträgt der mittlere O₂-Verbrauch 0,061 mg, und die mittlere CO₂-Ausscheidung — 0,045 mg; der R. Q. — 0,74 ändert sich jedoch kaum. *Yolyett* und *Regnard* haben für normale Fische einen R. Q. von 0,78 bestimmt, dem der meinigen fast gleich. Der Unterschied zwischen den von mir und *Galugareanu* (0,98) festgestellten Respirationsquotienten ist wohl teilweise dadurch zu erklären, dass meine Messungen bei 23° C., *Galugareanu's* hingegen bei 13°—20° C, angestellt wurden, denn, wie bekannt, vermindert sich der Respirationsquotient bei Temperaturzunahme.

Die Tabellen 7 A, 7 B u. 7 C veranschaulichen die Resultate der Atmungsintensitätsanalysen von *Misgurnus fossilis* bei gesteiger-

Tabelle 7 A.

O₂- und CO₂-Analysen der Atmungsluft, gemessen im Verlaufe einer Stunde bei 23° C., für 1 Fisch, bei ausschliesslicher Darm- und Hautatmung.

Datum	Tage seit Beginn des Exprim.	Zahl der Aufstiege n. Luft	O ₂ -Verbrauch		CO ₂ -Ausscheidung		O ₂ -Verbr. auf 1 g Körpergewicht in		CO ₂ -Ausscheidung auf 1 g Körperg. in		Auf 1 Darmvent. durchschn. aufgenommen. O ₂	
			mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³
22. 8. 32	13	12	4,29	3,00	5,00	2,55	0,081	0,056	0,095	0,048	0,36	0,25
" " "	13	14	2,86	2,00	4,00	2,04	0,054	0,038	0,076	0,039	0,20	0,14
11. 9. 32	32	18	3,57	2,50	4,00	2,04	0,092	0,064	0,103	0,052	0,18	0,13
" " "	32	12	4,29	3,00	4,00	2,04	0,111	0,077	0,103	0,052	0,36	0,25
" " "	32	16	3,43	2,40	3,00	1,53	0,104	0,073	0,091	0,046	0,21	0,15
" " "	32	18	4,29	3,00	3,00	1,53	0,130	0,091	0,091	0,046	0,23	0,16
24. 9. 32	45	10	3,15	2,20	3,00	1,53	0,089	0,062	0,084	0,043	0,31	0,22
" " "	45	10	3,57	2,50	3,00	1,53	0,100	0,069	0,084	0,043	0,36	0,25
" " "	45	7	3,57	2,50	3,00	1,53	0,133	0,093	0,112	0,057	0,50	0,35
" " "	45	7	3,72	2,60	3,00	1,53	0,139	0,097	0,112	0,057	0,53	0,37
7. 10. 32	57	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
" " "	57	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
23. 10. 32	73	12	2,57	1,80	2,00	1,02	0,078	0,054	0,061	0,031	0,21	0,15
" " "	73	22	2,86	2,00	3,00	1,53	0,087	0,061	0,091	0,046	0,13	0,09
" " "	73	16	3,72	2,60	3,00	1,53	0,142	0,099	0,114	0,058	0,23	0,16
" " "	73	10	3,15	2,20	2,00	1,02	0,120	0,084	0,076	0,039	0,31	0,22
4. 11. 32	84	27	3,35	2,35	3,00	1,53	0,111	0,077	0,100	0,052	0,18	0,13
" " "	84	2	1,12	0,70	0,00	0,00	0,037	0,026	0,000	0,000	0,55	0,35
3. 12. 32	112	8	3,43	2,40	3,00	1,53	0,108	0,075	0,095	0,048	0,43	0,30
" " "	112	3	1,14	0,80	1,00	0,51	0,036	0,025	0,031	0,016	0,37	0,26

ter Darmatmung in gekochtem mit H_2 ventiliertem Wasser. Aus diesen Tabellen ersieht man, dass als Mittelwert (von 20 Exemplaren) bei gesteigerter Darmatmung auf 1 g Körpergewicht in 1 Stunde 0,112 g O_2 verbraucht und 0,113 mg CO_2 ausgeschieden wird. Hieraus ergibt sich R. Q. 1,00.

Es ist möglich, dass in diesem Fall, wie auch im Fall *Calugareanus* und der von mir gemessenen zwangsweisen Kiemenatmung (R. Q. 1,02) der ausserordentlich hohe R. Q. dadurch entsteht, dass ein Teil der ausgeschiedenen Kohlensäure von anoxybiotischen Spaltungsprozessen herrührt. Doch das würde bedeuten, dass ungeachtet der morphologischen Darm- und physiologischen Blutadaptation der Schlammpeizger weder allein mit Darm- und Hautatmung, noch vermitteltst alleiniger Kiemen- und Hautatmung seinen Gesamtbedarf an Sauerstoff befriedigen kann.

Tabelle 7 B.

O_2 - und CO_2 -Analysen des Atmungswassers, gemessen im Verlaufe 1 Stunde bei 23° C., für 1 Fisch, bei ausschliesslicher Darm- und Hautatmung.

Datum	Gewicht d. Fisches in g.	O_2 -Verbrauch in		CO_2 -Ausscheid. in		O_2 -Verbrauch auf 1 g Körpergewicht in		CO_2 -Ausscheid. auf 1 g Körpergewicht in	
		mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³
22. 8. 32	52,37	1,51	1,05	1,17	0,59	0,028	0,019	0,022	0,011
" " "		2,05	1,43	1,12	0,57	0,039	0,027	0,021	0,010
11. 9. 32	38,60	0,67	0,47	0,59	0,30	0,017	0,012	0,020	0,010
" " "		0,46	0,32	0,56	0,28	0,011	0,007	0,010	0,005
" " "	32,78	0,30	0,21	1,30	0,66	0,009	0,006	0,039	0,019
" " "		0,56	0,39	1,30	0,66	0,017	0,012	0,039	0,019
24. 9. 32	35,37	0,76	0,53	1,76	0,89	0,021	0,014	0,049	0,025
" " "		0,89	0,62	1,75	0,89	0,025	0,017	0,049	0,025
" " "	26,70	0,73	0,51	1,41	0,72	0,027	0,019	0,052	0,026
" " "		0,58	0,40	2,04	1,04	0,021	0,014	0,076	0,039
7. 10. 32	18,68	1,54	1,08	1,40	0,71	0,082	0,057	0,074	0,038
" " "		1,63	1,14	1,50	0,76	0,087	0,060	0,080	0,040
23. 10. 32	32,76	0,20	0,14	0,80	0,40	0,006	0,004	0,024	0,012
" " "		0,68	0,47	0,60	0,30	0,020	0,014	0,018	0,009
" " "	20,20	0,51	0,36	1,30	0,66	0,019	0,013	0,049	0,025
" " "		0,17	0,12	1,20	0,61	0,006	0,004	0,045	0,023
4. 11. 32	30,00	0,78	0,54	1,60	0,80	0,026	2,018	0,053	0,027
" " "		1,01	0,70	2,20	1,12	0,033	0,023	0,073	0,037
3. 12. 32	31,50	0,67	0,47	1,20	0,61	0,021	0,014	0,038	0,019
" " "		0,84	0,59	0,90	0,46	0,026	0,018	0,028	0,014

Tabelle 7 C.

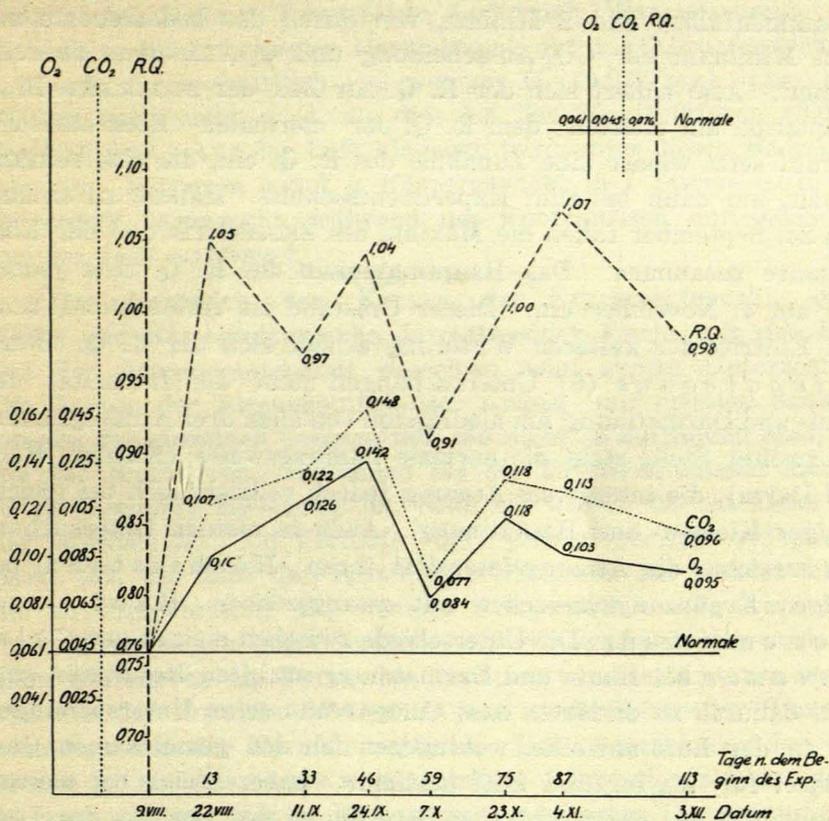
O₂- und CO₂-Analysen für Wasser und Luft zusammen, gemessen im Verlaufe einer Stunde bei 23° C., für 1 Fisch, bei ausschliesslicher Darm- und Hautatmung.

Datum	O ₂ - Verbrauch		CO ₂ - Ausscheid.		O ₂ - Verbrauch		CO ₂ - Ausscheid.		R. Q.
	in		in		auf 1 g Körpergewicht in		auf 1 g Körpergewicht in		
	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	
22. 8. 32	5,80	4,05	6,17	3,15	0,109	0,076	0,117	0,059	1,06
" " "	4,91	3,43	5,12	2,61	0,093	0,065	0,097	0,049	1,04
11. 9. 32	4,24	2,96	4,59	2,34	0,109	0,076	0,123	0,062	1,08
" " "	4,75	3,32	4,56	2,32	0,122	0,085	0,113	0,057	0,96
" " "	3,73	2,60	4,30	2,19	0,113	0,079	0,130	0,066	1,15(?)
" " "	4,85	3,39	4,30	2,19	0,147	0,103	0,130	0,066	0,88
24. 9. 32	3,91	2,73	4,76	2,43	0,110	0,077	0,133	0,068	1,21(?)
" " "	4,46	3,12	4,75	2,42	0,125	0,087	0,133	0,068	1,06
" " "	4,30	3,00	4,41	2,25	0,160	0,112	0,164	0,084	1,02
" " "	4,30	3,00	5,04	2,57	0,160	0,112	0,188	0,096	1,17(?)
7. 10. 32	1,54	1,08	1,40	0,71	0,082	0,057	0,074	0,038	0,90
" " "	1,63	1,14	1,50	0,76	0,087	0,060	0,080	0,040	0,92
23. 10. 32	2,77	1,56	2,80	1,43	0,084	0,087	0,085	0,043	1,01
" " "	3,54	2,47	3,60	1,84	0,107	0,075	0,109	0,056	1,01
" " "	4,23	2,96	4,30	2,19	0,161	0,112	0,163	0,083	1,01
" " "	3,32	2,32	3,20	1,63	0,126	0,088	0,121	0,062	0,96
4. 11. 32	4,13	2,88	4,60	2,34	0,137	0,096	0,153	0,078	1,11
" " "	2,13	1,49	2,20	1,12	0,070	0,049	0,730	0,037	1,03
3. 12. 32	4,10	2,86	4,20	2,13	0,129	0,084	0,133	0,068	1,02
" " "	1,98	1,38	1,90	0,97	0,062	0,042	0,059	0,030	0,95
Mittelwerte:					0,112	0,078	0,113	0,058	

Die Kurven Nr. 2 veranschaulichen die Schwankungen der CO₂-Produktion und des O₂-Verbrauchs während des Versuches. Der O₂-Verbrauch vergrössert sich bis zum 24. September und erreicht an diesem Tage (nach 6 Wochen) sein Maximum, dann vermindert er sich und nimmt am 7. Oktober (nach 2 Monaten) sein Minimum ein, welches immerhin höher als der Normalverbrauch steht. Am 23. Oktober tritt ein zweites Maximum ein, welches aber niedriger als das erste ist und sich langsam bis zum Abschluss des Experimentes sinkt. Man sieht, dass der O₂-Verbrauch bei maximaler Darmatmung sich die ganze Experimentaldauer hindurch über dem Normalstande befindet, wobei nach 2-monatlicher gesteigerter Darmatmung ein Minimum (Annäherung an die Normale) eintritt, d. h. zur Zeit des Auftretens

maximaler Blutadaptation. Die CO_2 -Ausscheidung ist im allgemeinen denselben Schwankungen unterworfen, nur entfernt sie sich noch mehr vom Normalstande und wächst gleich zu Beginn des Experimentes schneller an als die O_2 -Aufnahme.

Der R. Q. steigt gleich zu Beginn des Experimentes schnell an und steht die ganze Zeit hindurch über der R. Q.-Normale der Kon-



Kurven Nr.2.

Schwankungen von R.Q., von CO_2 Ausscheidung und O_2 Verbrauch bei *Misgurnus fossilis* (auf 1g Körpergewicht während 1 Stunde berechnet) während des Experimentes.

trolltiere. Nach 2 Wochen ist das erste Maximum erreicht, d. h. dann, als zu Beginn des Experimentes die O_2 -Aufnahme bedeutend von der intensiveren CO_2 -Ausscheidung übertroffen wurde. Man könnte vielleicht aus dieser Tatsache folgern, dass unter solchen Umständen, welche die Kiemenatmung ausschliessen und lediglich

verstärkte Darm- und Hautatmung zulassen, neben den oxybiotischen sofort auch irgendwelche anoxybiotische Atmungsprozesse einsetzen, die, mit geringen Schwankungen, die ganze Zeit andauern, bis der Fisch wieder zur normalen Atmungsweise (vermitteltst Haut-, Darm und Kiemen) zurückkehrt. Dem ersten Maximum folgen 2 weitere, annähernd dieselbe Höhe einnehmende Maxima, welche ungefähr mit den Maxima der O_2 - und CO_2 -Kurven zusammenfallen, und 2 Minima, von denen das bedeutendste mit dem Minimum der CO_2 -Ausscheidung und O_2 -Aufnahme übereinstimmt. Also nähert sich der R. Q. zur Zeit der maximalen Blutadaptation am meisten dem R. Q. der normalen Kontrollfische. Darauf setzt wieder eine Zunahme des R. Q. ein, die eine zeitlang anhält, um dann bis zum Experimentsschluss ständig zu sinken. Am 24. September fallen die Maxima des Sauerstoffs und der Kohlensäure zusammen. Das Hauptmaximum des R. Q. tritt jedoch nur am 4. November ein. Dieser Umstand ist einleuchtend, denn mit Eintritt der kälteren Witterung erhöht sich der R. Q. Nach *Calugareanu's* (6) Untersuchungen steht die Intensität der Haut- und Darmatmung am niedrigsten von allen drei Atmungsarten. An zweiter Stelle steht die normale Atmungsweise (Kiemen, Haut und Darm), die intensivste Atmung jedoch vollzieht sich bei gleichzeitiger Kiemen- und Hautatmung. Auch in meinen Untersuchungen erreichte die Atmungsintensität ihren Höchststand bei einigen Ergänzungsversuchen mit zwangsweiser Haut- und Kiemenatmung. Die Unterschiede zwischen meinen und *Calugareanu's* bei Haut- und Darmatmung erzielten Resultaten sind wohl dadurch zu erklären, dass *Calugareanu* seine Untersuchungen nur in der Luft anstellte, wohingegen ich den gemeinsamen Gaswechsel für Wasser und Luft bestimmt habe. Auch bei meinen Untersuchungen ergab sich, bei Berechnung der nur aus der Luft entnommenen Sauerstoffmenge, auf 1 g in 1 Stunde 0,087 mg (im Gegensatz zu den von *Calugareanu* bestimmten 0,094 mg). Bei Berücksichtigung des ganzen (im Wasser und in der Luft) stattgefundenen Gaswechsels bei zwangsweiser Darm- und Hautatmung, ist es mir nicht möglich die Graduation der Atmungsintensität von *Calugareanu* anzunehmen. Hinsichtlich der Atmungsintensität steht die normale Gesamtatmung (Kiemen, Haut und Darm) am tiefsten. Eine Klärung der Frage betreffend die alleinige Atmungsfunktion der Haut in Wasser und Luft ist auch mir noch nicht gelungen.

IV. Zusammenfassung.

Der Aufenthalt in sauerstoffarmem Wasser (ca 23% des normalen O_2 -Gehalts) ruft bei *Misgurnus fossilis* gesteigerte Darmatmung hervor. Das bestätigt auch das viel häufigere Auftauchen der Experimentierfische nach Luft, als dies bei den Kontrollfischen zu beobachten ist. Durch Experimente vermittelt des *Kestner'schen* Respirationsapparates wurde bewiesen, dass im Atmungswasser (bei gleicher Temperatur, Luftdruck, Wasserbestand und Zeitdauer) bei gesteigerter Darmatmung auf 1 g Körpergewicht in 1 Stunde durchschnittlich viel weniger O_2 (0,027 mg) aus dem Wasser verbraucht wird, als dies bei den Kontrolltieren (0,040) der Fall war. Aus der Luft hingegen wird unter diesen Bedingungen im Mittleren auf 1 g Körpergewicht in 1 Stunde 0,079 mg Sauerstoff verbraucht, während der Kontrollfisch nur 0,068 mg aus der Luft aufnimmt.

Der Vergleich der Kurven der Erythrozytenzahl, -oberfläche und Hämoglobinmenge darmatmender Fische mit den Kurven der Atmungsintensität derselben zeigt grosse Unterschiede. Die Kurven der Atmungsintensität weisen nur mässige Schwankungen der einzelnen Grössen auf, die nicht so auffallend sind, wie die der Blutkurven, von denen die die Erythrozytenzahl darstellende besonders eigenartig ist, denn sie weicht am stärksten von der Normale ab. Im Verlaufe der physiologischen Adaptation passt sich das Blut den Atmungsverhältnissen am meisten durch die Erythrozytenzahl an; weniger weitgehend ist die Anpassung ihrer Dimensionen und Oberfläche. Daher entfernt sich auch von allen Blutkurven die Kurve der Erythrozytenoberfläche am wenigsten von der Normale. Weiter als jene ist die Kurve der Hämoglobinmenge von der Normale entfernt. Das Anwachsen der Hb-Menge ist auch das erste wahrnehmbare Adaptationszeichen, daher ist anzunehmen, dass zu Beginn der gesteigerten Darmatmung die aktive Hb-Menge in den Erythrozyten, noch vor der Vermehrung ihrer Zahl, in erforderlicher Masse anwächst. Alle Grössen erreichten ihr Maximum nach 59 Tagen, dann verminderten sich alle ziemlich gleichmässig und endeten nach 4 Monaten knapp unter der Normale. Zur Zeit des Maximums des Blutbestandes erreichte die Atmungsintensität (CO_2 und O_2) ihr tiefstes Minimum.

Bei seinem Aufenthalt in relativ sauerstoffreichem Wasser, ist der Schlammpeizger gezwungen sich den neuen Lebensverhältnissen anzupassen, um seinem Organismus den nötigen Sauerstoff zuzuführen. Im Resultat tritt zweifache Adap-

tation ein: Anfangs passt sich der Organismus den neuen Verhältnissen vermittelst Veränderung des Blutbestandes (physiologisch) an, denn anscheinend wird von seiten des Organismus in dieser Hinsicht der geringste Widerstand geleistet. Die Resorptionsfläche des Blutes vergrößert sich und im Zusammenhange damit kann der Fisch die im Darne befindliche Luft besser ausnutzen und kommt mit einer geringeren O_2 -Konzentration des Wassers aus.— Parallel der physiologischen Adaptation tritt eine zweite Anpassung des Organismus — die morphologische Adaptation allmählich auf, d. h. es vergrößert sich die respiratorische Oberfläche selbst (*Āboliņš* 2). Dieses vollzieht sich relativ langsam. Wenn sich der respiratorische Enddarm histologisch den gesteigerten Atmungsanforderungen in genügendem Masse angepasst hat (nach 2 Monaten), wird die physiologische Adaptation des Blutes überflüssig, und daher erneuert sich der normale Blutbestand. So gelangen wir für darmatmende Fische zum Begriffe einer zweiphasischen, morphologisch-physiologischen Atmungsadaptation, indem die letztere durch die erstere im Verlaufe des Experimentes allmählich ersetzt wird.

Literatur.

1. F. Müller. «Biologische Gasanalysen» Abderhalden, Handbuch d. Biol. Arbeitsmethoden. Abt. IV. Teil 10, 1926.
- 1a. F. Groebfels. «Der Kestnersche Respirationsapparat.» Abderh. Handb. A. IV, Teil 10, 1926.
2. L. Āboliņš. «Maksimālās zarnelpošanas iespāids uz *Misgurnus fossilis* zarnas anatomiju.» Acta Univ. Latviensis — IX, 1924.
- 2a. L. Abelin. «Ueber den Einfluss der maximalen Darmatmung auf den histologischen Bau des Enddarms des Schlammpeizgers.» Biol. Zentralblatt, B. 44, 1924.
3. E. Babak und B. Dedek. a) «Vergleichende Untersuchungen über die Darmatmung d. Cobitidinen und Betrachtungen über die Phylogenese derselben.» Biol. Zentralblatt, Bd. 27, 1907.
b) «Untersuchungen über den Auslösungsreiz der Atembewegungen bei Süßwasserfischen.» Pflüg. Arch. f. die ges. Phys., Bd. 119, 1907.
4. T. Buschnita. «Structure de l'intestin chez le *Misgurnus fossilis* pendant l'inanition.» Bull. de la Sect. Scientif., Acad. Roumaine X, 10, 1927.
5. D. Calugareanu. «Die Darmatmung von *Cobitis fossilis*. Über den Bau des Mitteldarms.» Pflüg. Arch., Bd. 118, 1907.
6. D. Calugareanu. «Die Darmatmung von *Cobitis fossilis*. Über den Gaswechsel.» Pflüg. Arch., Bd. 120, 1907.

7. **L. Drastich.** «Über das Leben der Salamandra-Larven bei hohem und niedrigem Sauerstoffpartialdruck.» Zeitschrift f. vergl. Phys. Bd. 2, Heft 6, 1925.
8. **O. Fürth.** «Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie.» Bd. II, 1928.
9. **H. Lupu.** Nouvelles contributions à l'étude du sang de *Cobitis fossilis*.» Annales scientif. de l'Univ. Jassy, T. 14, 1925.
10. **H. Lupu.** «Respiration intestinale chez *Cobitis taenia*.» Annales scientif. de l'Univ. Jassy, T. 15, 1928.
- 10a. **H. Lupu.** Nouvelles contributions à l'étude du sang. II. Annales scientif., Jassy, T. 21, 1935.
11. **C. Oppenheimer und L. Pincussen.** «Tabulae Biologicae.» Bd. III, 1927.
12. **A. Siegenbeck van Heukelom.** «Über die Messung roter Blutkörperchen. Nederlandsch Tijdschr. v. geneesk., 69, Nr. 25, 1925. (Zit. nach «Ber. über die ges. Phys.» Bd. 33, 1925.)
13. **T. Vacek.** «Contribution à l'étude de l'adaptation fonctionelle des poumons des mammifères.» Compt. rend. Soc. Biol. V. 93, Nr. 31, 1925. (Zit. nach: «Ber. über die ges. Phys.», Bd. 34, 1926.)
14. **H. Winterstein.** «Die physikalisch-chemischen Erscheinungen der Atmung.» Handb. der Vergl. Physiologie. Bd. 1, 2. Heft, 1921.

Misgurnus fossilis elpošanas intensitāte un asiņu aina dažādos elpošanas apstākļos.

(Kopsavilkums.)

N. Ozoliņš.

1. Dūņu pīkstes, *Misgurnus fossilis*, turēšana skābekļa nabagā, novāritā un ar ūdeņradi ventilētā ūdenī (ar apm. 23% normālā O_2 satura) rada pastiprinātu zarnelpošanu. Par to liecina jau eksperimentējamo zivju daudz biežāka pacelšanās pēc gaisa, nekā kontrolzivju. Ar eksperimentiem Kestnera respirācijas aparātā ir pierādīts, ka elpojamā ūdenī (vienādos temperatūras, gaisa spiediena, ūdens sastāva un laika apstākļos) maksimāli zarnelpotāja zivs uz 1 gramu ķermeņa svara 1 stundā vidēji patērē daudz mazāk (0,027 mg) O_2 no ūdens, kā kontrolzivs (0,040 mg). Toties no gaisa maksimāli zarnelpotāja zivs vidēji uz 1 g ķermeņa svara patērē 1 stundā 0,097 mg O_2 , bet kontrolzivs tikai 0,068 mg.

2. Zivs turēšana O_2 nabagā vidē ļoti ātri rada tās organisma fizioloģisku adaptāciju. Eritrocitu skaits palielinās no 2.482.500 līdz 3.653.750. Atsevišķu eritrocitu virsma palielinās no 470,4 μ^2 līdz 544,1 μ^2 . Eritrocitu šķērseniskais diametrs no 11 μ līdz 12,2 μ , gareniskais diametrs no 14,8 μ līdz 17,2 μ . Haimoglobīna daudzums no 17,2 g līdz 21,8 g uz 100 ccm³ asiņu.

Fizioloģiskā asiņu adaptācija pēc apm. 2 mēnešiem sasniedz maksimumu, kas turpinās tik ilgi, kamēr nav sasniegta elpojamā organa (šīnī gadījumā respir. gala zarnas) paliekoša morfoloģiska adaptācija.

3. Morfoloģiskā respirātoriskās zarnas adaptācija norit gaušāk nekā fizioloģiskā. Kad izveidojusies zarnas palielinātā respirātoriskā virsma un organismam atkal ir nodrošināta O_2 piegādāšana nepieciešamā kvantumā, fizioloģiskā asiņu adaptācija mazinās un dzīvnieka asinis turpmāko 2 mēnešu laikā iegūst atkal normālo sastāvu. Morfoloģiskā adaptācija, tā tad, nomaina fizioloģisko. Viss adaptācijas process norisinās divi savstarpēji atkarīgās fāzēs.

