ANNALEN

DER

CHEMIE UND PHARMACIE.

LXXXVIII. Bandes erstes Heft.

Chemische Untersuchungen über die Respiration des Schlammeizgers (*Cobitis fossilis*); von Dr. M. Baumert *).

Die zur Gattung *Cobitis* gehörenden Fischarten zeichnen sich bekanntlich durch eigenthümliche Respirationserscheinungen aus. Beobachtet man z. B. Schlammeizger, welche sich in offenen, mit Wasser gefüllten Glasgefäßen befinden, so sieht man diese Thiere in unregelmäßigen Intervallen zur Oberfläche des Wassers emporsteigen und atmosphärische Luft durch den Mund einziehen. Im nächsten Augenblick, während der Fisch zum Boden des Behälters zurückkehrt, entweichen aus seiner Afteröffnung große Gasblasen in mehr oder minder beträchtlicher Menge. Bisweilen wiederholt sich dieser Vorgang mehrmals in kurzen Zeiträumen, bisweilen vergehen aber auch Stunden, ja halbe Tage, bevor der Schlammeizger zum zweitenmale die Oberfläche des Wassers aufsucht.

Nicht viel weniger unregelmäßig ist bei diesen Fischen die Kiemenrespiration. Im Allgemeinen, selbst bei jüngeren Individuen auffallend langsam, setzt sie nicht selten eine Zeit

*) Im Auszug aus einer Dissertationsschrift vom Verfasser mitgetheilt.

lang vollkommen aus. Solche Pausen treten besonders ein, nachdem der Fisch durch den Mund atmosphärische Luft eingenommen hat. Alsdann liegt er ohne bemerkbare Bewegung der Kiemendeckel regungslos auf dem Boden des Gefäßes und erst allmählig und mit steigender Schnelligkeit beginnen die Kiemen von neuem ihre Function.

Diese scheinbar so regellosen Respirationsthätigkeiten haben schon seit längerer Zeit die Aufmerksamkeit der Naturforscher erregt. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Erman *) und Bischof **).

1. Verfahren, um die vom Wasser absorbirten Gase zu gewinnen.

Die nachstehende Methode ist zuerst von Bunsen benutzt worden und führt bei einiger Uebung eben so schnell als sicher zum Ziel. Sie ist in kurzem folgende :

Ein Glasballon von 1 bis 2 Litres Capacität dient zur Aufnahme des auszukochenden Wassers. Mit demselben wird der zur Aufsammlung der Gase bestimmte Apparat durch ein dickes Rohr von vulkanisirtem Kautschouk luftdicht verbunden (siehe Fig. 1 der Tafel). Zur Herstellung dieses Apparats wählt man eine Röhre von leicht schmelzbarem Glase aus, deren Wandungen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mm. dick sind und deren Durchmesser 20 bis 25 Mm. im Lichten beträgt. Es ist besonders darauf zu achten, daß die einzelnen Theile des Apparats in richtigem Verhältniß zu einander stehen. Der Theil *a* der Röhre, bestimmt, die Gase des im Ballon befindlichen Wassers aufzunehmen, muß so geräumig seyn, daß er von der entwickelten Luft höchstens zur Hälfte angefüllt wird; außerdem

*) Gilbert's Annalen der Physik Bd. XXX, S. 112.

**) Journal für Chemie und Physik von Dr. J. S. C. Schweigger. Bd. XXII, S. 78.

ist aber auch die Länge der Röhre *a* der Größe der Quecksilberwanne anzupassen. Die Dimensionen des Röhrenstücks *g d*, welches das beim Erwärmen sich ausdehnende Wasser des Glasballons aufnehmen soll, sind so einzurichten, daß nach vollendetem Auskochen das Niveau des Wassers ungefähr die Mitte der Kugel *c* erreicht hat. Bei *d* und *e* wird die Röhre hinreichend verengt, damit sie an diesen Stellen durch die Löthrohrflamme leicht abgeschmolzen werden kann. Es ist hierbei wesentlich, das Lumen des Glascyinders durch Zusammenfallenlassen des Glases zu verdicken; ohne diese Vorsicht ist der Apparat äußerst zerbrechlich und würde überdiß während des Zuschmelzens durch den Luftdruck nach innen durchbohrt werden. An das offene, ausgezogene Ende *f* der Röhre wird ein kleines Rohr von vulkanisirtem Kautschouk befestigt.

Es kommt nun zunächst darauf an, den Glasballon mit der zur Aufsammlung der Gase bestimmten Röhre in einer Weise zu verbinden, welche die Communication beider Theile leicht zu unterbrechen oder wieder herzustellen gestattet. Dieß erreicht man am einfachsten durch einen kleinen massiven Glascyylinder, der in die weite Kautschoukröhre, ohne diese auszufüllen, hineingeschoben werden kann. Nachdem nämlich die letztere an den Hals des Ballons luftdicht befestigt worden ist, wird der Glasballon mit dem auszukochenden Wasser vollgefüllt. Ueber die Ligatur *a* (siehe Figur 2) wird eine zweite *b* um die Kautschoukröhre geschlungen und so weit zugezogen, daß der als Ventil dienende Glasstab nicht in den Ballon hinabgleiten kann. Jetzt wird ebenfalls die Kautschoukröhre voll Wasser gefüllt, der massive Glascyylinder in die Röhre eingelassen und durch eine starke, luftdicht schließende Ligatur *d* (Figur 2) in der Mitte zusammengeschnürt. Zuletzt wird der in Figur 1 abgebildete Apparat mit seinem untern Ende *g* in die Kautschoukröhre

eingesenkt und durch eine starke Ligatur gleichfalls luftdicht mit ihr verbunden.

Die nun folgende Aufgabe ist, den mit dem Glasballon vereinigten Apparat luftleer zu machen. Hierzu bringt man beide in eine horizontale Lage. Bei dieser Stellung des Apparats fließt das über dem Glasventil im Kautschoukrohr befindliche Wasser in den Theil *c g* der Röhre (Fig. 1) und erfüllt diesen etwa zur Hälfte. Dasselbe wird durch zwei kleine Spiritusflammen allmähig und gleichförmig erhitzt und so lange in starkem Kochen erhalten, bis man annehmen kann, daß die im vorgelegten Apparate enthaltene Luft vollständig durch den Wasserdampf verdrängt ist. Dazu reicht bei den gegebenen Dimensionen ein 5 bis 6 Minuten langes, ununterbrochenes Kochen hin. Ist man von der Luftleere des Apparats überzeugt, so läßt man das vordere Ende der Kautschoukröhre *h* durch einen Gehilfen luftdicht zusammenpressen, entfernt im nächsten Augenblick die Lampen und schmilzt die Röhre bei *e* mit dem Löthrohre ab. Wenn das Auskochen des im Ballon enthaltenen Wassers nicht nur gelingen, sondern auch gefahrlos seyn soll, muß der kleine mit dem Ballon verbundene Apparat luftleer seyn. Diefs giebt sich, nachdem der Apparat vertical gestellt und in dieser Stellung befestigt ist, theils durch das von selbst fortdauernde Kochen des Wassers in der Röhre *g c d* zu erkennen, theils erst, wenn die Ligatur bei *d* (Figur 2) durchschnitten und damit die Communication zwischen Ballon und Apparat wieder hergestellt ist. Alsdann wird die starke Kautschoukröhre von der äußeren Luft kräftig nach innen gedrückt und es tritt sogleich eine lebhaft Gasentwicklung im Wasser des Ballons ein. Man fängt nun an, den Ballon allmähig zu erwärmen und bringt das Wasser in demselben zum Kochen. Letzteres muß so lange fortgesetzt werden, als sich neben Wasserdampf noch Luftblasen entwickeln. Durch die Größe

und die Form der emporsteigenden Blasen läßt sich dieser Zeitpunkt leicht erkennen. Immer aber ist es rathsam, das Kochen noch etwas länger fortzusetzen, weil das Wasser den letzten Antheil Luft und zumal den Sauerstoff mit großer Beharrlichkeit zurückhält. So lange übrigens die mit Wasser sich allmählig füllende Röhre *g c d* die Temperatur von 100° noch nicht erreicht hat, so lange ferner die starke Kautschoukröhre nach innen comprimirt ist, so lange ist eine Explosion durchaus nicht zu befürchten. Durch künstliche Abkühlung läßt sich der Erwärmung der Röhre *g c d* vorbeugen; der zweite Punkt kann dadurch sicher erreicht werden, daß der Theil *a* (Figur 1) der Röhre mindestens noch einmal so groß genommen wird, als das Gesamtvolum der im Wasser enthaltenen Gase es erfordert. Hat man sich schließlich überzeugt, daß sich nur noch Dampfblasen entwickeln, so schmilzt man die Röhre bei *d* (Figur 1) mittelst des Löthrohrs ab, um später die eingeschlossenen Gase in das Eudiometer überzufüllen.

Nach diesem Verfahren erhält man allerdings die gesammte Luftmenge, welche das Wasser enthielt, jedoch nicht ausschließlich in dem zur Aufnahme derselben bestimmten Röhrenstücke *a* (Fig. 1). Ein Theil dieser Luft erfüllt außerdem noch den über dem Wasser befindlichen Raum der Kugelhöhre *g c d*. Diese letztere Quantität könnte man nachträglich für sich messen, wenn nicht das mit der Luft in Berührung stehende Wasser während des Erkaltens einen Theil dieser Luft von neuem absorbirte und wenn nicht überdies der Eintritt des Wassers in das Eudiometer während des Ueberfüllens zu befürchten wäre. Eine geringe Abänderung reicht indessen hin, den eben beschriebenen Apparat auch zur Bestimmung der absoluten Luftmenge tauglich zu machen. Für diesen Zweck werden die Theile *d* und *e* der Röhre nicht abgeschmolzen, sondern auf andere Weise vor dem

Zutritt der äußeren Luft bewahrt. Es kommt dann nur darauf an, den Verschluss so einzurichten, daß er nach Belieben angebracht oder entfernt werden kann, ohne daß dadurch die Capacität der Röhre *a* beeinträchtigt wird. Hierzu dient eine kleine metallene Zwinge (Fig. 3), die aus zwei Platten besteht, welche durch eine Schraube fest gegen einander geprefst werden können. Die innere Fläche der Platten ist nicht eben, sondern steigt nach der Mitte sehr sanft an. Dadurch wird die Kautschoukröhre *h* längs der Hauptachse besonders stark zusammengeprefst und sicher geschlossen. Diese Zwinge wird, nachdem der Apparat wie früher luftleer gemacht worden ist, und während der Gehilfe bei *h* die Kautschoukröhre zusammengedrückt hält, zwischen den Punkten *f* und *h* eingeschoben und mittelst der Schraube zugezogen. Die Röhre *a* ist graduirt und durch exacte Kalibrirung ihr Gehalt, so wie der zwischen zwei Theilstrichen gelegene Raum bestimmt. Der untere Theil dieser Röhre wird mit der Kugelhöhre *g c d* durch eine vulkanisirte Kautschoukröhre verbunden, in deren Lumen ebenfalls ein massiver Glasstab eingeschoben ist. Auf diese Weise ist der in Figur 1 abgebildete Apparat in zwei Theile getheilt, die bei *d* durch einen Kautschouverband zusammenhängen. Vor dem vollendeten Auskochen des im Ballon enthaltenen Wassers ist natürlich das bei *d* eingeschobene Ventil geöffnet. Die früher weitläufig geschilderten Operationen, um die Luft des Wassers zu gewinnen, bleiben bei dieser zweiten Methode dieselben, mit dem Unterschied, daß der luftleer gemachte Apparat mit der kleinen Metallzwinge verschlossen und die Röhre bei *d* nach vollendeter Auskochen wiederum nicht abgeschmolzen, sondern durch eine feste, um das Glasventil gelegte Ligatur vor dem Zutritt der Luft bewahrt wird. Von noch größerer Wichtigkeit ist es dagegen, die Größenverhältnisse der einzelnen den Apparat bildenden Theile zweckentsprechend aus-

zuwählen, denn es hängt die Genauigkeit der Methode außer von den früher erörterten Bedingungen in diesem Falle auch noch davon ab, daß in demselben Augenblicke, in welchem die Kugelhöhre *g c d* von dem Wasser vollkommen ausgefüllt ist und eben die Grenze des Ventils überschreiten will, daß dann auch wirklich alle im Wasser des Ballons befindliche Luft durch Kochen in die Röhre *a* hinaufgetrieben worden ist. Einige vorläufige Versuche sind am sichersten im Stande, die einzelnen Theile des Apparats auf die zweckentsprechende Größe zurückzuführen. Daher ist es gut, sich bei allen Experimenten desselben oder möglichst gleicher Ballons zu bedienen. Nach vollendeter Auskochung wird die um das Ventil gelegte Ligatur unter Quecksilber gelöst, das Gasvolum nach Verlauf von einigen Stunden gemessen und nach Ueberfüllung in das kleine Eudiometer seine nähere Zusammensetzung ermittelt.

Nach diesem Verfahren läßt sich aus einer und derselben Quantität Wasser sowohl das absolute Volumen der Luft als das relative ihrer Bestandtheile bestimmen, ohne daß das ausgekochte Wasser durch Absorption das Resultat zu stören vermag. Die Methode ist in der practischen Ausführung bei einiger Uebung eben so leicht als präcis; bei einem Ballon von 1 bis 2 Litres Inhalt dauert der Versuch kaum drei Stunden.

Um die vom Wasser aufgenommene Luft zu untersuchen, habe ich die von Bunsen eingeführten, jetzt allgemein bekannten Methoden benutzt.

Ehe ich mich indessen zu den Untersuchungen der Respirationsproducte selbst wende, wird es nöthig seyn, noch einige, die im Wasser enthaltene Luft im allgemeinen betreffende Fragen mit kurzen Worten zu berühren.

Bekanntlich hängt, wenn Wasser mit Gasen in Berührung tritt, zu welchen es keine chemische Verwandtschaft besitzt, das relative Verhältniß, in welchem die Gase vom Wasser aufgenommen werden, von folgenden Bedingungen ab :

1. von der Beschaffenheit des Wassers, insofern dieses chemisch rein ist oder nicht;
2. von der Löslichkeit der einzelnen Gase im Wasser ;
3. von dem Verhältniß, in welchem die dem Wasser dargebotenen Gase gemengt sind, und
4. von der Temperatur.

Da nun einzelne dieser Bedingungen in hohem Grade variabel sind, so folgt schon a priori, daß die relativen Volume der einzelnen Gase, welche in dem auf der Erde verbreiteten Wasser enthalten sind, unmöglich immer und überall gleich seyn können. Denn selbst wenn das Wasser überall in unausgesetzter Berührung mit der constant zusammengesetzten Atmosphäre stände und daher eine der Temperatur entsprechende Sättigung des Wassers mit den Bestandtheilen der Luft erwartet werden müßte, würden doch die relativen Gasvolume der absorbirten Luft sich ändern, sobald eine Aenderung der chemischen Beschaffenheit des Wassers eintritt. Bekanntlich ist aber das Wasser unseres Erdballs in Bezug auf die in ihm enthaltenen Substanzen von sehr verschiedener chemischer Zusammensetzung. Diese letztere bedingt auch in der That die vorzüglichsten Schwankungen, welche die relativen Volume des vom Wasser absorbirten Sauerstoffs, des Stickstoffs und der Kohlensäure darbieten. Handelt es sich um genaue Resultate, so müssen diese, obwohl unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht bedeutenden, Schwankungen dennoch berücksichtigt werden, zumal wenn kleinere Mengen Wassers für sich gewissen verändernden Einflüssen unterliegen, wie dieß bei den nachfolgenden Untersuchungen der Fall gewesen ist. Alsdann werden solche im

Großen geringfügige Einflüsse eine relativ bedeutende Veränderung der aufgenommenen Luft hervorbringen. Es dürfte daher hier der Ort seyn, einige der verschiedenen Bedingungen näher zu besprechen, die im Laufe meiner Versuche durch ihren wesentlichen Einfluss auf die Luftbeschaffenheit des Wassers besonders hervorgetreten sind *).

Zunächst hat sich ergeben, daß das aus der Oder geschöpfte Wasser in Folge der reichlich darin enthaltenen Extractivstoffe eine Veränderung der relativen Volume des Sauerstoffs und der Kohlensäure erleidet, so zwar, daß bei längerem Stehen der Kohlensäuregehalt der im Wasser enthaltenen Luft auf Kosten des Sauerstoffs zunimmt. Es hat sich ferner ergeben, daß die im Wasser enthaltene Luft durch Berührung mit Holz, wie dieß z. B. bei dem Transport des Wassers in hölzernen Gefäßen der Fall ist, neben der Zunahme des Kohlensäuregehalts eine weitere Abnahme ihres Sauerstoffs erleidet, bedingt durch die Absorption des Sauerstoffs durch das Holz selbst. Aufser diesen Ursachen giebt es noch mannichfache andere, die auf die Zusammensetzung der im Wasser enthaltenen Luft von merklichem Einflusse sind. Leider sind diese nicht immer einer genauen Ermittlung zugänglich. So bewirkt der Wechsel der Temperatur, die Berührung des Wassers mit einer an Kohlensäure beladenen Atmosphäre, wie letztere in bewohnten Räumen sich bildet u. s. w., eine Summe von Störungen in der ursprünglichen Luftbeschaffenheit des Wassers, ohne daß man immer im Stande ist, diese nachtheiligen Wirkungen auszuschließen, oder dieselben im Wege der Rechnung zu eliminiren.

*) Ich muß auf die ausführlicheren analytischen Belege in diesen Mittheilungen verzichten und in dieser Beziehung auf die Dissertationschrift selbst verweisen.

Es mußte mir deshalb für die nachfolgenden Experimente, die wegen ihrer Mannichfaltigkeit große Quantitäten Wassers erforderten, von Werth seyn, ein Verfahren aufzufinden, welches jeder irgend merkbaren Veränderung der absorbirten Luft vorbeugt und daher größere Wassermengen vorrätbig zu halten gestattet. Nebenbei konnten die Untersuchungen nur an Einfachheit und Präcision gewinnen, wenn nicht jedem einzelnen Experimente eine wiederholte Untersuchung der ursprünglichen, im Wasser enthaltenen Luft vorausgehen durfte. Ein Verfahren, welches den obigen Anforderungen entspricht, kann der Theorie nach nur darin bestehen, chemisch reines Wasser mit Luft vollständig zu sättigen und es sodann in einem Raume von gleichbleibender Temperatur, dessen Luft die normale Zusammensetzung unverändert beibehält, aufzubewahren. Ich werde bald Gelegenheit haben, auf dieses Verfahren ausführlicher zurückzukommen. Für meine Zwecke mußte ich aus mehreren Gründen von dem Gebrauche dieser Methode abstehen. Einmal stand mir keine Räumlichkeit zu Gebote, deren Temperatur und Atmosphäre constant blieben; ferner überzeugte ich mich bald, welche beträchtliche Zeit erforderlich ist, um eine nur einigermaßen bedeutende Menge Wassers mit Luft zu sättigen; und endlich erfordert die große Löslichkeit der Kohlensäure in Wasser gewisse Vorsichtsmaßregeln, die bei größeren Quantitäten Wassers viele Unbequemlichkeiten verursachen.

Ich habe daher dieses Verfahren in der Weise modificirt, daß ich ungefähr 50 Quart frisch destillirten Wassers in einem unbewohnten und der freien Luft zugänglichen Raume in kleineren Portionen mit Luft schüttelte, ohne übrigens die vollständige Sättigung des Wassers abzuwarten. Nachdem ich die wiedervereinigten Portionen mehrere Stunden stehen gelassen hatte, füllte ich das Wasser in gläserne, mit sehr sorgfältig eingeriebenen Glasstöpseln versehene Flaschen und

bewahrte diese wohl verschlossen über kleinen, mit dem nämlichen Wasser gefüllten Glasylindern umgestürzt auf. Die Temperatur des Locals suchte ich möglichst constant zu erhalten. Ich will zunächst zur Beurtheilung dieser Methode, deren ich mich fast ausschließlich bei den spätern Versuchen bedient habe, einige analytische Belege geben.

Der Inhalt der ersten Flasche wurde unmittelbar nach vollendeter Füllung sämtlicher Flaschen in den zum Auskochen bestimmten Ballon entleert und die absolute Menge der in diesem Wasser befindlichen Luft, so wie deren relative Zusammensetzung ermittelt. Der Inhalt der zweiten Flasche ist am dritten Tage, der dritten am neunten Tage und der vierten am 22. Tage nach der Füllung der Flaschen ausgekocht und untersucht worden.

Es folgt hier die Zusammenstellung der durch die vier Analysen gewonnenen Resultate :

1. *relative Volume :*

	I.	II.	III.	IV.
Stickstoffgas	61,60	61,50	61,10	60,88
Sauerstoffgas	29,21	29,45	29,32	29,64
Kohlensäuregas	9,19	9,05	9,58	9,48
	100,00	100,00	100,00	100,00.

2. *absolute Volume* in 100 Theilen Wasser bei 0° C. und 1 M. Druck in CC. :

	I.	II.	III.	IV.
Stickstoffgas	1,1507	1,1711	1,1247	1,1613
Sauerstoffgas	0,5457	0,5608	0,5397	0,5654
Kohlensäuregas	0,1717	0,1723	0,1763	0,1808
	1,8681	1,9042	1,8407	1,9075.

Man wird die Uebereinstimmung dieser vier Analysen genügend finden, wenn man die mannichfachen Fehlerquellen, die bei der Gewinnung der Luft aus dem Wasser unvermeidlich sind, berücksichtigt. Jedenfalls sind die gefundenen

Zahlen nicht abweichender unter sich, als die Differenzen, welche verschiedene Untersuchungen desselben Wassers in Bezug auf seinen Luftgehalt darzubieten pflegen. Dieser Grund schien mir entscheidend für die Tauglichkeit der Methode. Ich habe daher die nachfolgenden Experimente, so weit sie die Respiration der Fische betreffen, grösstentheils in der Weise ausgeführt, daß ich einen grossen Glasballon mit frisch destillirtem Wasser füllte, dieses längere Zeit mit Luft schüttelte, es sodann in kleinere Flaschen vertheilte, und, wie oben angegeben, aufbewahrte. Sobald die analytischen Resultate mehrerer Versuche übereinstimmten, begann ich die Respirationsexperimente. Während der Versuche überzeugte ich mich durch wiederholte Untersuchung von der gleichförmigen Beschaffenheit des Luftgehalts. Immer habe ich, sobald eine Abweichung von den früheren Bestimmungen sich herausstellte, entweder den Grund derselben zu erforschen mich bemüht, oder, wo dieses nicht gelang, und dennoch eine dauernde Veränderung in dem Luftgehalt des Wassers sich ergab, die mit diesem Wasser bereits ausgeführten Experimente theils ganz bei Seite gelegt, theils sie mit einer darauf bezüglichen Bemerkung mitgetheilt. Es sind daher die hier mitgetheilten Analysen fast immer, als die am genauesten übereinstimmenden, aus einer grösseren Reihe von Versuchen ausgewählt worden.

Ich erwähnte bereits oben eine andere Methode, um eine constante Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft zu erreichen. Obgleich ich mich ihrer aus den dort angegebenen Gründen bei den Respirationsexperimenten selbst enthalten mußte, so ist dieselbe doch von unzweifelhaftem Werthe, wo es sich um gewisse theoretische, die Absorptionsverhältnisse angehende Fragen handelt. Es sey mir daher erlaubt, hier nochmals auf dieses Verfahren zurückzukommen.

Wie bereits erwähnt, läßt sich eine constante Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft dadurch erreichen, daß man chemisch reines Wasser bis zur Sättigung mit reiner atmosphärischer Luft bei derselben Temperatur schüttelt. Hierbei ist jedoch zweierlei von wesentlicher Bedeutung :

1) Wird, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden, die im Wasser sehr lösliche Kohlensäure bei längerem Schütteln großer Luftmassen in verhältnißmäßig sehr bedeutender Menge auf Kosten des Sauerstoffs und Stickstoffs absorbirt (als Beleg können obige vier Analysen dienen) und

2) zeigt sich bei diesem Verfahren, welches mehrere andere, auf die Absorption der Gase influirende Bedingungen ausschließt, wie nöthig es ist, den Einfluss, welchen die Temperatur auf das relative Absorptionsverhältniß der Gase ausübt, zu berücksichtigen. Um der excessiven Aufnahme der Kohlensäure vorzubeugen, habe ich das frisch destillirte Wasser nochmals in einem Kolben mit langem, engem Halse mehrere Stunden gekocht. Damit das ausgekochte Wasser während des Erkaltens nicht von neuem Kohlensäure aufnehmen konnte, wurde der Kolben nach beendeter Auskochung sogleich mit einer langen Röhre, die befeuchtete Aetzkalistücke enthielt, in Verbindung gebracht. Zur Sättigung dieses Wassers liefs ich einen von Kohlensäure möglichst befreiten Luftstrom längere Zeit durch dasselbe streichen. Zur Entfernung der Kohlensäure ist die atmosphärische Luft durch mehrere mit befeuchteten Aetzkali-*stücken* angefüllte Röhren hindurchgeleitet worden. Die Absorption der Luft suchte ich durch wiederholtes Schütteln des die Flasche zur Hälfte füllenden Wassers zu befördern. Die Temperatur schwankte in den letzten zwei Stunden vor der Beendigung des Experiments zwischen 10°,0 bis 10°,4 C. Die mittlere Temperatur war daher 10°,2 C. Die Analyse gab folgende Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft :

Stickstoffgas	66,22
Sauerstoffgas	33,76
Kohlensäuregas	0,02
	<hr/> 100,00.

Ein zweiter Versuch, der in derselben Weise wiederholt wurde, nur dafs das frisch destillirte Wasser, bevor es mit kohlensäurefreier Luft gesättigt wurde, nicht von neuem ausgekocht war, ergab bei einer Temperatur des Wassers von 9°,7 C. :

Stickstoffgas	64,85
Sauerstoffgas	33,45
Kohlensäuregas	1,70
	<hr/> 100,00.

Mit Hilfe der Absorptionscoëfficienten dieser drei Gase läfst sich leicht prüfen, ob das Wasser in diesen beiden vorliegenden Fällen die der angegebenen Temperatur grösstmögliche Luftmenge aufgenommen hatte. In diesem Falle wird das relative Verhältnifs, welches zwischen den drei Gasen stattfindet, oder, da wir von dem Volum der Kohlensäure ganz absehen können, das Verhältnifs zwischen dem Volum des Stickstoffs und des Sauerstoffs in einer bestimmten, durch die Absorptionscoëfficienten dieser Gase gegebenen Relation bestehen müssen. Nach den genauesten Bestimmungen ergibt sich aus den zahlreichen Versuchen Bunsen's, dafs 1 Volum Wasser bei 3°,2 C. und 760 Mm. Druck aufnimmt *) :

von Stickstoffgas	0,02189
von Sauerstoffgas	0,045526
von Kohlensäuregas	1,5184,

*) Die in der neuesten Auflage von Pouillet-Müller's Physik angegebenen Absorptionscoëfficienten stimmen mit diesen nicht vollkommen überein, weil sie aus einer geringeren Anzahl von Versuchen abgeleitet worden sind.

dafs 1 Volum Wasser von 19°,6 C. und 760 Mm. Druck aufnimmt :

von Stickstoffgas	0,01515
von Sauerstoffgas	0,03253
von Kohlensäuregas	0,8545.

Unter der durch theoretische Gründe und durch Untersuchungen des Regenwassers vielfach gestützten Voraussetzung, dafs die Absorptionscoëfficienten dieser drei Gase in umgekehrt proportionalem Verhältnisse mit der Temperatur abnehmen, läfst sich für jeden zwischen diesen Temperaturen liegenden Wärmegrad der Absorptionscoëfficient durch Interpolation leicht ermitteln.

Die nachfolgenden Coëfficienten sind daher durch Interpolation bestimmt :

1 Volum Wasser von 10°,2 C. und 760 Mm. Druck nimmt auf :

an Stickstoffgas	0,019023
an Sauerstoffgas	0,039982
an Kohlensäuregas	1,2356.

1 Volum Wasser von 9°,7 C. und 760 Mm. Druck nimmt auf :

an Stickstoffgas	0,019229
an Sauerstoffgas	0,040378
an Kohlensäuregas	1,2558.

Wenn nun in den vorliegenden zwei Analysen das Wasser vollständig mit Luft gesättigt gewesen ist, so müssen die den Sauerstoff-, Stickstoff- und Kohlensäure-Gehalt in Volumprocenten ausdrückenden Zahlen, durch ihre der Temperatur entsprechenden Absorptionscoëfficienten dividirt, Quotienten ergeben, deren Summe zu den einzelnen Quotienten in demselben Verhältnifs steht, wie ein bestimmtes Luftvolum zu dem Volum seiner einzelnen Bestandtheile. Bezeichnet man z. B. den Absorptionscoëfficienten des Stickstoffs mit *A*, den

des Sauerstoffs mit *B* und den der Kohlensäure mit *C*, und drückt man die entsprechenden Quotienten durch die Buchstaben α , β , γ aus, so erhält man in der ersten der beiden Analysen :

$$\frac{66,22}{A} = \alpha \quad \frac{33,76}{B} = \beta \quad \frac{0,02}{C} = \gamma.$$

Es verhält sich nun $(\alpha + \beta + \gamma) : \alpha = 100 : x$ (Stickstoff)
 $(\alpha + \beta + \gamma) : \beta = 100 : x_1$ (Sauerstoff)
 $(\alpha + \beta + \gamma) : \gamma = 100 : x_2$ (Kohlensäure).

Die Zusammensetzung der Luft, welche das Wasser im ersten Falle absorbirt enthielt, berechnet sich hiernach :

Berechnete Zusammensetzung der im Wasser enthalt. Luft		Mittlere Zusammensetzung der atmosphärischen Luft	
Stickstoffgas	80,48	Stickstoffgas	79,04
Sauerstoffgas	19,52	Sauerstoffgas	20,96
<hr/>		<hr/>	
100,00		100,00.	

Für den zweiten Fall berechnet sich die Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft zu :

Berechnet		Mittlere Zusammensetzung der atmosphärischen Luft	
Stickstoffgas	80,03	Stickstoffgas	79,0396
Sauerstoffgas	19,66	Sauerstoffgas	20,9600
Kohlensäuregas	0,31	Kohlensäuregas	0,0004
<hr/>		<hr/>	
100,00		100,0000.	

Die Abweichungen zwischen der berechneten und der wirklichen Zusammensetzung der atmosphärischen Luft müssen äußerst gering erscheinen, wenn man bedenkt, daß eine sehr kleine Differenz, z. B. von 0,001, in dem Absorptionscoefficienten des Sauerstoffs eine Schwankung von beinahe einem halben Procent in dem berechneten Sauerstoffvolum hervorruft. In der That existirt eine, diese Sicherheit verbürgende Bestimmungsmethode, wenigstens was den Absorptionscoefficienten des Sauerstoffs betrifft, bis heute noch nicht. Professor Bunsen, dessen Methode die seiner Vorgänger

an Genauigkeit und Sicherheit übertrifft, hat stets eine Einwirkung des Sauerstoffs auf das zum Experiment nöthige Quecksilber wahrgenommen, die sich durch Ausscheiden einer schwarzen, flockigen Masse zu erkennen gab. Dabei war das Quecksilber vor dem Versuche auf das Sorgfältigste gereinigt worden. Ich glaube daher, daß die obigen Zahlen der wirklichen Sättigung des Wassers mit Luft bei den angegebenen Temperaturen als sehr nahe kommend betrachtet werden dürfen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangt man, wenn reines Regenwasser, dessen Temperatur ermittelt ist, auf seinen Luftgehalt untersucht wird. Es ist hierbei durchaus erforderlich, daß das Wasser weder durch Staub, noch auf andere Weise verunreinigt ist, und bis zur Zeit des Auskochens in ununterbrochener Berührung mit der Atmosphäre gestanden hat.

Das Regenwasser, dessen Luftgehalt ermittelt wurde, war in Schalen von Porcellan aufgefangen, und zwar früh zwischen 5 und 6 Uhr, nachdem es die ganze Nacht mit wenigen Unterbrechungen geregnet hatte. Die Temperatur des Wassers war 11°,4 C.

Stickstoffgas	64,47
Sauerstoffgas	33,76
Kohlensäuregas	1,77
<hr/>	
100,00.	

Legen wir wieder die der Temperatur 11°,4 C. entsprechenden Absorptionscoëfficienten zu Grunde, so berechnet sich die Zusammensetzung dieser Luft im Verhältniß zur atmosphärischen zu :

Stickstoffgas	79,80
Sauerstoffgas	19,86
Kohlensäuregas	0,34
<hr/>	
100,00.	

Im Allgemeinen geht aus diesen Versuchen hervor, daß die Temperatur auf die relative Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft den allerentschiedensten Einfluß hat, ein Einfluß, der bisher gewiß zu wenig beachtet worden ist und der in der Verbindung mit den übrigen früher angegebenen Ursachen es kaum zweifelhaft läßt, daß die im Wasser enthaltene Luft unter den gewöhnlichen Bedingungen nicht so unbedeutenden Schwankungen in Betreff ihrer Zusammensetzung ausgesetzt ist.

Ueber die Haut- und Kiemenrespiration des Schlammpeizgers und anderer Fische.

Im Folgenden habe ich die gasförmigen Producte der Haut- und Kiemenrespiration gemeinschaftlich untersucht, da ich kein Mittel fand, beide Processe zu isoliren, ohne gleichzeitig die Fische in widernatürliche Verhältnisse zu versetzen. Die Experimente selbst sind unter zwei, für die Fische wesentlich verschiedenen Bedingungen angestellt :

1. in Gefäßen, deren Wasser während der Versuchsdauer durch hermetischen Verschluss vor dem Zutritt der Atmosphäre bewahrt wurde, und

2. in einem Apparate, welcher dem Fisch in jedem Zeittheil eine bestimmte Quantität frischen Wassers lieferte, ohne daß Letzteres in directer Communication mit der Atmosphäre sich befand. In beiden Fällen war es unerläßliche Bedingung, die Darmrespiration während der Dauer des Experiments auszuschließen. Dafür sorgt indessen der Schlammpeizger selbst und ohne alles Zuthun, indem er nur dann durch den Darm Gase entweichen läßt, wenn er atmosphärische Luft direct durch den Mund eingezogen hat. Deshalb findet man selbst nach 24stündiger Isolirung des Thiers in vollkommen mit

Wasser angefüllten und hermetisch verschlossenen Flaschen kaum eine Spur von Gasblasen in der Nähe des Glaspfropfens. Dafs in solchen Fällen keine Absorption des entwichenen Gases durch das Wasser stattgefunden hat, kann erst später, wenn von der Natur der Darmgase die Rede seyn wird, näher nachgewiesen werden.

A. Versuche in luftdicht verschlossenen Gefäfsen.

Zu diesen wurden Flaschen von 3 bis 7 Liter Inhalt gewählt, deren Oeffnung durch einen sehr sorgfältig eingeschliffenen, gut schließenden Glaspfropfen verschlossen werden konnte. Die Flasche wurde mit Wasser vollkommen angefüllt, der Fisch hineingebracht, der Glaspfropfen sogleich eingesetzt, und, nachdem man sich von der Abwesenheit jeder Luftblase überzeugt hatte, von Außen mit einem luftdicht schließenden Kitt umgeben. Es wurde Sorge getragen, die Temperatur während der Versuchsdauer möglichst constant zu erhalten. Nach beendetem Versuch wurde das Wasser mittelst eines Hebers in den zum Auskochen dienenden Ballon gefüllt, wobei der längere Heberarm bis auf den Boden des Ballons herabgesenkt wurde, um den Contact der Luft möglichst zu vermindern. Das Auskochen wurde dann sogleich vorgenommen.

Bevor ich mich zu den hierher gehörenden Versuchen wende, deren Gegenstand die Schlammpeizger waren, scheint es mir zweckmäfsig, einige Respirationsbeobachtungen, die auf demselben Wege an Schleien (*Tinca chrysis*) und Goldfischen (*Cyprinus auratus*) gesammelt wurden, vorzuschicken. Jedenfalls ist bei diesen beiden Fischarten der Respirationsvorgang weit einfacher, als bei der Gattung *Cobitis*, die eben noch eine supplementäre Darmrespiration besitzt. Die Schleie, so wie der Goldfisch, gehören ausserdem derselben Familie

an und Beide besitzen eine für solche Versuche hinreichende Lebensfähigkeit.

a. *Untersuchungen über die Respiration der Schleien.*

Ich habe mich zu diesen Experimenten wieder des destillirten und mit Luft geschüttelten Wassers bedient. Auch war das Wasser wie früher beschrieben aufbewahrt und zu drei verschiedenen Zeiten, beim Beginn, in der Mitte und am Ende dieser Versuchsreihe genau untersucht worden. Folgendes ist die absolute und relative Zusammensetzung der in dem benutzten Wasser enthaltenen Luft :

100 Volume Luft bei 0° und 1 M. Druck enthalten :

	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Mittel
Stickstoffgas	65,00	64,73	64,92	64,88
Sauerstoffgas	30,96	31,23	31,05	31,08
Kohlensäuregas	4,04	4,04	4,03	4,04
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Das Volum der in 100 Volumtheilen Wasser enthaltenen Luft bei 0° C. und 1 M. Druck beträgt in CC. :

	I.	II.	III.	Mittel
Stickstoffgas	1,078	1,154	1,227	1,153
Sauerstoffgas	0,514	0,557	0,587	0,553
Kohlensäuregas	0,067	0,072	0,076	0,072
	1,659	1,783	1,890	1,778.

Ich lasse nun die Versuche folgen, welche mit Schleien in der oben beschriebenen Weise angestellt wurden :

Schleie Nr. I athmete 6 Stunden in 6290 CC. Wasser von + 8° C. Die Schleie wog 222,8 Gramm.

Schleie Nr. II athmete 11 Stunden in 6290 CC. Wasser von + 5° C. Die Schleie wog 192,5 Gramm.

Schleie Nr. III athmete 12 Stunden in 6290 CC. Wasser von + 10° C. Die Schleie wog 192,5 Gramm.

Schleie Nr. IV athmete 13 Stunden in 6290 CC. Wasser von + 5° C. Die Schleie wog 192,5 Gramm.

Schleie Nr. V athmete 14 Stunden in 6290 CC. Wasser von + 11° C. Die Schleie wog 190,0 Gramm.

Die folgenden Zahlen geben die absolute Luftmenge und deren relative Zusammensetzung an :

100 Volume Luft bei 0° C. und 1 M. Druck enthalten :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Stickstoffgas	66,75	68,32	68,23	65,03	62,89.
Sauerstoffgas	20,20	15,21	11,02	6,37	6,24
Kohlensäuregas	13,05	16,47	20,75	28,60	30,87
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00.

100 Volumtheile Wasser enthalten bei 0° C. und 1 M. Druck in CC. ein Luftvolum von :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Stickstoffgas	1,147	1,156	1,133	1,141	1,175
Sauerstoffgas	0,347	0,257	0,183	0,112	0,116
Kohlensäuregas	0,224	0,279	0,345	0,502	0,577
	1,718	1,692	1,661	1,755	1,868.

Wenn wir die durch die Analysen gefundenen Zahlen statt auf 100 CC. auf das gegebene Volum des Ballons beziehen, in welchem die Fische geathmet hatten, nämlich auf 6290 CC., so läßt sich der ganze Respirationsvorgang der Schleien in prägnanter Weise veranschaulichen. Der Uebersichtlichkeit wegen geschieht dies am besten in der Form nachstehender Tabelle :

Natur der Gase	Luft vor dem Ver- such	Luft nach dem Ver- such	Dif- fe- renz	Die Schleien haben		Verhältniß des absor- birten Sauerstoffs zum absor- birten Stickstoff 0 = 100	Verhältniß des absor- birten Sauerstoffs zum pro- ducirten Stickstoff 0 = 100
				ab- sor- birt	pro- du- cirt		
Ganzes	111,79	108,04	3,75				
Stickstoffgas	72,53	72,11		0,42		100 : 3,25	
Sauerstoffgas	34,75	21,83		12,92			
Kohlensäuregas	4,51	14,10			9,59		
Ganzes	111,79	106,44	5,35				
Stickstoffgas	72,53	72,72			0,19	100 : 1,02	
Sauerstoffgas	34,75	16,18		18,57			
Kohlensäuregas	4,51	17,54			13,03		
Ganzes	111,79	104,50	7,29				
Stickstoffgas	72,53	71,30		1,23		100 : 5,29	
Sauerstoffgas	34,75	11,52		23,23			
Kohlensäuregas	4,51	21,68			17,17		
Ganzes	111,79	110,34	1,45				
Stickstoffgas	72,53	71,76		0,77		100 : 2,77	
Sauerstoffgas	34,75	7,03		27,72			
Kohlensäuregas	4,51	31,55			27,04		
Ganzes	111,79	117,48	5,69				
Stickstoffgas	72,53	73,90			1,37	100 : 4,99	
Sauerstoffgas	34,75	7,29		27,46			
Kohlensäuregas	4,51	36,29			31,78		

Die Resultate, welche sich aus dieser Zusammenstellung hinsichtlich der Respiration der Schleien ableiten lassen, sind folgende :

1) das Volum der producirten Kohlensäure beträgt bei normaler Respiration etwa $\frac{7}{10}$ vom Volum des absorbirten Sauerstoffs. (Wenn in den letzten zwei Versuchen das Volum der erzeugten Kohlensäure dasjenige des absorbirten Sauerstoffs nicht nur erreicht, sondern selbst überschreitet, so muß dieß, wie auch der Erfolg zeigt, einem, durch die ungünstigen Verhältnisse bedingten, abnormen Respirationsgange zugeschrieben werden.)

Verhältniß des absorbirten Sauerstoffs zur producirtten Kohlensäure O = 100	Temperatur des Wassers	Gewicht der Schleien in Grm.	Zeit der Respiration in Stunden	1 Grm. Schleie hat in einer Stunde absorbiert	1 Grm. Schleie hat in einer Stunde producirt	Bemerkungen
100 : 74,22	8° C.	222,8	6	0,000314 0,00966	0,00717	
100 : 70,16	5° C.	192,5	11	0,00876	0,000089 0,00615	
100 : 73,91	10° C.	192,5	12	0,000532 0,01005	0,00743	
100 : 97,55	5° C.	192,5	13	0,000307 0,01107	0,01080	Die Schleie befand sich leidend, erholte sich später wieder.
100 : 115,73	10½° C.	190,0	14	0,01032	0,000515 0,01194	Die Schleie starb am folgenden Tage.

2) Das Volum Sauerstoff, welches 1 Gramm Schleie in einer Stunde absorbiert, beträgt durchschnittlich 0,01 CC.

3) Ob die Schleien bei der Respiration eine gewisse Menge Stickstoff absorbiren oder entwickeln, scheint nach dieser Tabelle nicht mit Gewissheit hervorzugehen. Wir können jedoch die Differenzen, welche die Versuche hinsichtlich des Stickstoffs nachweisen, füglich auf Rechnung der dem angewandten Verfahren unvermeidlich anhängenden Fehler setzen, um so mehr, als die Bestimmung des Stickstoffs von der Summe der begangenen Fehler afficirt wird. Jedenfalls sind die quantitativen Veränderungen, welche das Volum des Stickstoffs erleidet, nur sehr unbedeutend.

b. Untersuchungen über die Respiration der Goldfische.

Die Untersuchungen der Luft, welche das Wasser enthielt, bevor es zum Experimente diente, ergaben das nachfolgende Resultat :

Es sind in 100 Volumen enthalten bei 0° C. und 1 M. Druck :

	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Mittel
Stickstoffgas	64,59	64,50	64,13	64,41
Sauerstoffgas	32,56	32,43	32,86	32,61
Kohlensäuregas	2,85	3,07	3,01	2,98
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Das Volum der in 100 Volumtheilen Wasser enthaltenen Luft beträgt bei 0° C. und 1 M. Druck in CC.

	Nr. I.	Nr. II	Nr. III	Mittel
Stickstoffgas	1,175	1,167	1,152	1,165
Sauerstoffgas	0,592	0,587	0,590	0,590
Kohlensäuregas	0,052	0,056	0,054	0,054
	1,819	1,810	1,796	1,809.

Die Versuche, welche mit den Goldfischen in der angegebenen Weise angestellt wurden, sind die folgenden :

Nr. 1 athmeten 3 Goldfische von 42 Grammes Gewicht 5 Stunden lang in 3720 CC. Wasser von + 8° C.

Nr. 2 athmeten 3 Goldfische von 35 Grammes Gewicht 8 Stunden lang in 3720 CC. Wasser von + 11° C.

Nr. 3 athmeten 3 Goldfische von 42 Grammes Gewicht 10 Stunden lang in 3720 CC. Wasser von + 11½° C.

Nr. 4 athmeten 3 Goldfische von 35 Grammes Gewicht 11½ Stunden lang in 3720 CC. Wasser von + 12° C.

Nr. 5 athmeten 3 Goldfische von 42 Grammes Gewicht 14 Stunden lang in 3720 CC. Wasser von + 13° C.

Jodhaltiger Urin giebt mit Palladiumchlorür einen Niederschlag, welcher Palladiumjodür, ein organisches Palladiumsalz, und reducirtes Palladiummetall enthält. Abgesehen von der Schwierigkeit, das Jod aus diesem Gemenge genau abzuscheiden, ist diese Methode ganz unbrauchbar, weil immer ein Theil Palladiumjodür im Urin gelöst bleibt. Mit Palladiumchlorür im Ueberschuß versetzt, giebt das Filtrat mit Stärke und Brom- oder Chlorwasser keine Jodreaction. Dampft man es jedoch mit Kali ein, glüht und prüft die wässerige Salzlösung, so zeigt sich immer Jod, welches durch Palladium nicht gefällt war.

Ebenso wie das Palladiumjodür, zeigte sich auch das Kupferjodür in Urin löslich, kann also nicht zur Ausscheidung dienen.

Eindlich schien die Ausziehung des Jods mit Chloroform einigen Vortheil zu bieten. Rabourdin schlägt vor : 50^{cc} jodhaltigen Leberthran mit einigen Tropfen Salpetersäure und Schwefelsäure nebst 1^{cc} Chloroform zu schütteln. Das Chloroform nimmt freies Jod auf, färbt sich violett und setzt sich klar zu Boden. Dieser Versuch bestätigte sich zwar auch bei directer Behandlung von jodhaltigem Urin, mehrere Proben fielen aber bei gleichem Jodgehalt so verschieden aus, daß es zwecklos erschien, die Prüfung nach der quantitativen Seite hin fortzusetzen.

II. Mafsbestimmung des Jod durch Palladiumchlorür.

Voraussetzungen. Wenn eine Jodmetalllösung mit Ueberschuß von Palladiumchlorür und etwas Salzsäure bei 60 bis 100° C. geschüttelt wird, so scheidet sich in wenigen Sekunden das Jodpalladium als schwarze käsige Flocken ab. Die überstehende Flüssigkeit erscheint völlig klar und farblos, gerade wie bei der Silberbestimmung mit Chlornatrium. Ist hingegen Jod im Ueberschuß, so erfolgt die Abscheidung

Natur der Gase	Luft vor dem Ver- suche	Luft nach dem Ver- suche	Dif- fe- renz	Die Gold- fische haben		Verhältniß des absor- birten Sauerstoffs zum absor- birten Stickstoff O = 100	Verhältniß des absor- birten Sauerstoffs zum pro- ducirten Stickstoff O = 100
				ab- sor- birt	pro- du- cirt		
Ganzes	67,28	65,99	1,29				
Stickstoffgas	43,33	42,89		0,44		100 : 10,50	
Sauerstoffgas	21,94	17,75		4,19			
Kohlensäuregas	2,01	5,35			3,34		
Ganzes	67,28	65,88	1,40				
Stickstoffgas	43,33	43,36			0,03	100 : 0,41	
Sauerstoffgas	21,94	14,69		7,25			
Kohlensäuregas	2,01	7,83			5,82		
Ganzes	67,28	63,38	3,90				
Stickstoffgas	43,33	43,23		0,10		100 : 0,71	
Sauerstoffgas	21,94	7,95		13,99			
Kohlensäuregas	2,01	12,20			10,19		
Ganzes	67,28	62,12	5,16				
Stickstoffgas	43,33	42,45		0,88		100 : 6,21	
Sauerstoffgas	21,94	7,77		14,17			
Kohlensäuregas	2,01	11,90			9,89		
Ganzes	67,28	65,81	1,47				
Stickstoffgas	43,33	41,29		2,04		100 : 10,57	
Sauerstoffgas	21,94	2,64		19,30			
Kohlensäuregas	2,01	21,88			19,87		

Im Allgemeinen ergeben sich aus dieser Tabelle in Bezug auf die Respiration der Goldfische dieselben Resultate, welche für die Schleien gewonnen wurden. Das Volum der erzeugten Kohlensäure beträgt bei normaler Respirationsthätigkeit 7 bis 8 Zehntheile vom Volum des absorbirten Sauerstoffs; nur in dem letzten Versuche, nach welchem die Goldfische in Folge der zur normalen Respiration mangelnden Bedingungen zu Grunde gingen, erreicht das Volum der Kohlensäure das des absorbirten Sauerstoffs. Hinsichtlich des Stickstoffvolums gilt das bei den Schleien Erwähnte. Ein wirklicher Unterschied in der Respiration der Schleien und Goldfische scheint nur

Verhältnifs d. absorbir- ten Sauer- stoffs zur producirten Kohlen- säure O = 100	Tem- pera- tur des Was- sers	Ge- wicht der Gold- fische in Grm.	Zeit der Respi- ration in Stun- den	1 Grm. Gold- fisch hat in einer Stunde absorbirt	1 Grm. Gold- fisch hat in einer Stunde produ- cirt	Bemerkungen
100: 79,71	8° C.	42	5	0,0021 0,0200	0,0159	
100: 80,27	11° C.	35	8	0,0258	0,00010 0,0208	
100: 72,83	11½° C.	42	10	0,00024 0,0333	0,0242	
100: 69,79	12° C.	35	11½	0,00218 0,0352	0,0245	
100: 102,95	13° C.	42	14	0,0034 0,0328	0,0338	Am Ende des Experiments schienen die Fische sehr leidend, zwei von ihnen starben den andern Tag, der dritte Fisch erholte sich wieder.

in Rücksicht auf die Respirationsintensität zu existiren. Während eine Gramme Schleie in einer Stunde durchschnittlich 0,01 CC. Sauerstoff absorbirt, beträgt bei den Goldfischen das absorbirte Volum Sauerstoff 0,02 bis 0,035 CC.

c. Untersuchungen über die Respiration der Schlammpeizger.

Zu den ersten vier Versuchen wurde das destillirte Wasser, dessen Luftbeschaffenheit bereits aus den mitgetheilten Analysen bekannt ist, benutzt. Der mittlere Werth der dort angegebenen Zahlen ist als maßgebend bei der Zusammenstellung der Tabelle zu Grunde gelegt worden. Die Versuche

Außerdem hielt ich ein ausgewaschenes und gewogenes Filter bereit, in welchem ich das Jodpalladium sammelte und zur Vergleichung dem Gewichte nach bestimmte.

Gilt es, eine Palladiumbestimmung zu machen, etwa die zur genaueren Verdünnung der rohen Lösung Nr. 2, so fällt man 10^{cc} davon mit der Jodlösung Nr. 1. Jeder Cubikcentimeter der letzteren entspricht 0,42 Milligrm. Palladium.

Gilt es, den Jodgehalt der Lösung Nr. 3 zu bestimmen, so muß genau titrirte Palladiumlösung Nr. 2, zu deren Vollendung so eben das Nöthige gesagt wurde, angewendet werden. Jeder Cubikcentimeter derselben entspricht 1 Milligrm. Jod. Aus der Menge der verbrauchten Jodlösung berechnet man den Jodgehalt der ganzen untersuchten Flüssigkeit.

Beimengungen, welche nicht stören.

Um diese zu ermitteln, wurde eine Reihe von Versuchen auf folgende Weise angestellt : 5^{cc} Palladiumlösung (Nr. 2) wurden erwärmt und mit 5^{cc} Jodlösung (Nr. 1) gemischt. Ohne fremden Zusatz schieden sich diese Mengen rein ab. Die Lösung reagirte weder auf Palladium, noch auf Jod. Wurden nun der Jodlösung andere Körper zugemischt, so zeigten sich einige *nicht* störend. Nämlich : Verdünnte Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, Essigsäure. Ferner die neutralen Kali-, Natron-, Ammoniaksalze dieser Säuren, ebenso Chlorcalcium, Chlorzink, Bleizucker. Endlich folgende organische Stoffe : Zucker, Harnsäure, das Destillat von Urin mit Schwefelsäure, Alkohol, Aether, Citronenöl, Stärkekleister. Bromnatrium wirkte bei Gegenwart von Essigsäure in gewöhnlicher Temperatur ebenfalls nicht störend. Bei Gegenwart von freien Mineralsäuren und beim Erhitzen hingegen wurde Jodpalladium gelöst. Wenn daher Brommetall zugegen ist, so muß man die Palladiumlösung nach dem Abmessen mit Kali neutralisiren, mit Essigsäure schwach sauer machen und die Fällung in gewöhnlicher Temperatur vornehmen.

Zu den nachfolgenden fünf Versuchen ist eine neue Quantität Wasser verwendet worden. Die Luft, welche vor den Experimenten aus dem Wasser gewonnen wurde, ist nach den drei Analysen folgenderweise zusammengesetzt :

Es sind in 100 Volumen Luft enthalten :

	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Mittel
Stickstoffgas	64,65	64,42	64,54	64,53
Sauerstoffgas	32,02	32,21	32,30	32,18
Kohlensäuregas	3,33	3,37	3,16	3,29
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Das Volum der in 100 Volumtheilen Wasser enthaltenen Luft beträgt bei 0° C. und 1 M. Druck in CC. :

	I.	II.	III.	Mittel
Stickstoffgas	1,208	1,220	1,205	1,211
Sauerstoffgas	0,598	0,610	0,603	0,604
Kohlensäuregas	0,062	0,064	0,059	0,062
	1,868	1,894	1,867	1,877.

Die Versuche, welche in derselben Weise, wie früher, angestellt wurden, sind folgende :

Nr. I athmeten zwei Schlammpeizger von 86,4 Grammes Gewicht 3 Stunden lang in 6700 CC. Wasser. Temperatur + 13° C.

Nr. II athmeten zwei Schlammpeizger von 96,8 Grammes Gewicht 4 Stunden lang in 6700 CC. Wasser. Temperatur + 13° C.

Nr. III athmete ein Schlammpeizger von 58,4 Grammes Gewicht 8 Stunden lang in 6700 CC. Wasser. Temperatur + 9° C.

Nr. IV athmete ein Schlammpeizger von 58,4 Grammes Gewicht 11 Stunden lang in 6700 CC. Wasser. Temperatur + 10° C.

Die Arbeit beginnt mit Ermittlung der Menge Sublimatlösung, welche 1 Gewichtstheil Jod sättigt. Dazu schüttet man 100^{cc} Jodlösung Nr. 1, d. i. 0,010 Grm. Jod in ein weißes Becherglas, das 1 bis 2 Liter Wasser faßt, setzt 10 Tropfen Stärkekleister und 10 Tropfen Bromwasser zu. Die Flüssigkeit erscheint tief blau. Nun gießt man bei stetem Schütteln der Jodlösung so lange Sublimatlösung aus der Burette zu, bis die blaue Färbung vollkommen verschwunden ist. Die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter entspricht einer Menge von 0,010 Grm. Jod, und wird an dem Vorrathsgefäße der Sublimatlösung bemerkt. Nach meinen Versuchen wurden 10^{cc} Sublimatlösung verbraucht, also auf 1 Milligrm. Jod 1,1^{cc}.

Wenn man auf gleiche Weise die unbekannte Jodlösung Nr. 5 behandelt, so giebt das Maß der bekannten Sublimatlösung den Jodgehalt an.

Beimengungen, welche nicht stören, wurden durch eine Reihe von Versuchen auf folgende Weise ermittelt: 50^{cc} Jodlösung Nr. 1, welche für sich 5,5^{cc} Quecksilberchloridlösung zur Sättigung brauchten, wurden mit dem zu prüfenden Körper gemischt, nach obiger Vorschrift gebläut und mit Sublimatlösung entfärbt. Der Erfolg blieb ungeändert bei Zusatz von neutralem schwefelsaurem, phosphorsaurem, salpetersaurem Natron, schwefelsaurem Ammoniak, essigsaurem Bleioxyd, ferner von concentrirter Essigsäure und Zucker. Die Beimischung betrug bei diesen Versuchen das 10- bis 20fache des Jodgehaltes.

Freies Jod konnte genau bestimmt werden, wenn man es in Wasser vertheilte, so viel wässerige schweflige Säure zusetzte, bis die Lösung farblos war, die gebildeten Säuren mit Kali neutralisirte, und nun auf die oben angegebene Weise verfuhr.

Als störende Beimengungen zeigten sich: freie Mineralsäuren; auch Essigsäure und ihre Salze, wenn die Menge

Natur der Gase	Luft vor dem Ver- such	Luft nach dem Ver- such	Diffe- renz	Die Schlamm- peizger haben		Verhältniß des absorbir- ten Sauerstoffs zum absorbir- ten Stickstoff O = 100
				ab- sor- birt	pro- du- cirt	
Ganzes	125,76	126,36	0,60			}
Stickstoffgas	81,14	81,54			0,40	
Sauerstoffgas	40,47	36,45		4,02		
Kohlensäuregas	4,15	8,37			4,22	
Ganzes	125,76	126,77	1,01			} 100 : 22,80
Stickstoffgas	81,14	78,39		2,75		
Sauerstoffgas	40,47	28,41		12,06		
Kohlensäuregas	4,15	19,97			15,82	
Ganzes	125,76	127,24	1,48			} 100 : 6,45
Stickstoffgas	81,14	80,27		0,87		
Sauerstoffgas	40,47	27,00		13,47		
Kohlensäuregas	4,15	19,97			15,82	
Ganzes	125,76	124,21	1,55			} 100 : 14,71
Stickstoffgas	81,14	78,99		2,15		
Sauerstoffgas	40,47	25,86		14,61		
Kohlensäuregas	4,15	19,36			15,21	
Ganzes	125,76	130,58	4,82			} 100 : 21,61
Stickstoffgas	81,14	75,84		5,30		
Sauerstoffgas	40,47	15,95		24,52		
Kohlensäuregas	4,15	38,79			34,64	

Aus diesen die Schlammpeizger betreffenden Versuchen ergibt sich ein erheblicher Unterschied zwischen den Respirationsproducten dieser Fische und denen der Schleien und Goldfische. Zwar werden wir erst im Folgenden eine genauere Vorstellung von dem Gesamti-respirationsproceß derselben erlangen können, da die obigen Resultate im Zusammenhange mit den Producten der Darmrespiration und bei Berücksichtigung anderer, dem Schlammpeizger eigenthümlichen Respirationserscheinungen sich viel weniger auffallend darstellen. Dasjenige, was indessen aus obigen Versuchen schon hier gefolgert werden kann, ist ungefähr Folgendes :

Verhältniß des absorbir- ten Sauerstoffs zum producir- ten Stickstoff O = 100	Verhältniß des absorbir- ten Sauerstoffs z. producirten Kohlensäure O = 100	Tempe- ratur des Wassers	Gewicht des Fi- sches in Grm.	Zeit der Respi- ration in Stun- den	1 Grm. Schlamm- peizger hat in 1 Stunde absorbirt	1 Grm. Schlamm- peizger hat in 1 Stunde producirt
100 : 9,95	100 : 104,97	13° C.	86,4	3	0,0155	0,0015 0,0162
		13° C.	96,8	4	0,0071 0,0311	0,0408
	100 : 131,17	9° C.	58,4	8	0,0018 0,0288	0,0338
		10° C.	58,4	11	0,0033 0,0227	0,0236
	100 : 117,44	12° C.	10,6	14	0,0035 0,0165	0,0233
	100 : 104,10					
	100 : 141,27					

1. Das Volumen der producirten Kohlensäure, welches unter normalen Verhältnissen bei Schleien und Goldfischen $\frac{7}{10}$ bis $\frac{8}{10}$ vom Volum des absorbirten Sauerstoffs betrug, übertrifft bei einer verhältnißmäßig kurzen Respirationsdauer bereits das Volum des aufgenommenen Sauerstoffs, ohne daß die Schlammpeizger dabei irgend welche Merkmale des Unbehagens zeigen. Während die Schleien und Goldfische in derartigen Fällen zu Grunde gingen, blieben die Schlammpeizger nach dem Experiment munter. Sobald der Verschluss des Ballons, in welchem sie geathmet hatten, entfernt worden war, stiegen sie zur Oberfläche des Wassers empor und entliefsen aus der Afteröffnung schnell hinter einander eine

große Menge Luftblasen. Auf die Zusammensetzung dieser durch den Darm entleerten Luft werde ich später, wenn von der Darmrespiration die Rede seyn wird, zurückkommen.

2. Das Volum Sauerstoff, welches 1 Gramm Schlammpeizger in einer Stunde absorbiert, schwankt zwischen 0,015 CC. und 0,036 CC. Im Allgemeinen scheint die Respirationsintensität dieselbe, wie diejenige der Goldfische. Die größeren Schwankungen derselben erklären sich aus der Unregelmäßigkeit der Respiration, welche den Schlammpeizgern eigenthümlich ist.

3. Das Volum des ausgeathmeten Stickstoffs ist, die Fälle ausgenommen, welche sich innerhalb der Fehlergrenzen bewegen, vermindert, so daß es in der That den Anschein hat, als ob die Schlammpeizger eine gewisse Quantität dieses Gases absorbierten. Auch auf diese Frage kann ich erst im späteren Verlauf der Untersuchung näher eingehen, nachdem ein vollständiger Ueberblick über den Respirationsvorgang dieser Fische ermöglicht worden ist.

B. Versuche in Gefäßen, durch welche ununterbrochen Wasser circulirte.

Wenn die Versuche in luftdicht verschlossenen, mit Wasser gefüllten Gefäßen im Allgemeinen dem normalen Respirationsvorgange der Fische nicht vollkommen Rechnung tragen, indem namentlich bei längerer Dauer des Versuchs und bei kleineren Quantitäten Wassers die Luftbeschaffenheit des letzteren wesentlich alterirt werden muß, so ist dieß ein Uebelstand, der sich leider leichter wahrnehmen, als beseitigen läßt. Die natürlichen Bedingungen setzen bei der Kiemenrespiration nicht nur den Zutritt der Atmosphäre, sondern deren ununterbrochene Erneuerung auf der Oberfläche des Wassers voraus. Auf diese Weise erfolgt durch Diffu-

sion eine schnelle Ausgleichung der durch die Respiration veränderten Luft.

Diesen Vorgang naturgetreu durch das Experiment wiederzugeben, würde nur dann möglich seyn, wenn eben die Absorptions- und Diffusions-Gesetze, welche hier in Betracht kommen, bis ins Kleinste erkannt wären. Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft glaubte ich zuverlässigere Resultate zu gewinnen, wenn ich den Zutritt der Atmosphäre vollständig ausschloß.

Bei diesem Entschluß leitete mich : 1) die bereits von A. v. Humboldt und Provençal ermittelte Thatsache, daß die Fische in einem an Sauerstoffgas verhältnißmäßig sehr armen Wasser zu leben vermögen; 2) die Wahrscheinlichkeit, daß bei relativ großen Wassermengen und kurzen Respirationszeiträumen ein dem normalen nahekommender Athmungsproceß auch nach diesem Verfahren erwartet werden dürfte; und 3) die Ueberzeugung, daß die durch den Zutritt der Atmosphäre zum Wasser bedingten Fehler größer seyn würden, als diejenigen, welche aus der benutzten Versuchsmethode entspringen.

Die auffallende Abweichung, welche das Verhältniß des absorbirten Sauerstoffvolums zum Volum der ausgeschiedenen Kohlensäure in den mit Schlammpeizgern unternommenen Versuchen ergab, bestimmte mich indessen, den Respirationproceß dieser Fische unter möglichster Nachahmung der natürlichen Bedingungen weiteren Experimenten zu unterwerfen. Diefß schien mir um so nöthiger, als ich diesen Fischen zugleich mit dem Abschluß der atmosphärischen Luft den Gebrauch der ihnen eigenthümlichen Darmrespiration entzogen hatte. Ich habe daher noch eine weitere Reihe von Versuchen mit Schlammpeizgern eingeleitet und zwar in einem Aspirationsapparat, durch welchen das zum Athmen

dienende Wasser in beliebiger Menge erneuert werden konnte, ohne daß der directe Luftzutritt störend auf das Resultat einzuwirken vermochte. Diese Erneuerung des lufthaltigen Wassers mußte auch besonders deshalb wünschenswerth erscheinen, weil gerade der Schlammpeizger in luftdicht verschlossenen, mit Wasser angefüllten Gefäßen seiner gewöhnlichen Weise zuwider häufig Athem holt. Dem Princip nach ist der Apparat ein gewöhnlicher Aspirator, nur ist er durch zwei eingeschaltete Flaschen für den erwähnten Zweck möglichst brauchbar geworden. Sämmtliche Kork der benutzten Flaschen sind an ihrer untern Seite, mit der sie das Wasser berühren, von dünnen Kautschoukplatten überzogen, um jeden Einfluß des Korks auf die im Wasser befindliche Luft zu verhindern. Ich stelle mit Uebergang des analytischen Zahlendetails die Resultate dieser Experimente in der nachfolgenden Tabelle zusammen. Der Rauminhalt der Flasche, in welcher die Fische unmittelbar respirirten, ist als Einheit angenommen und demgemäß die übrigen Zahlen Statt auf 100 CC. auf 6360 CC. bezogen worden. Der Tabelle ist überdies noch eine Spalte beigefügt, in welcher die Menge des in einer Stunde durch diese Flasche geflossenen Wassers angegeben ist, so daß sich hieraus sehr leicht die Gesamtmenge der einzelnen, während der Respiration in Betracht kommenden Gase durch Rechnung feststellen läßt. Das Wasser, welches zu den Versuchen diente, war frisch destillirt und kurz vor dem Experiment mit Luft geschüttelt worden, ohne übrigens die vollkommene Sättigung desselben mit Luft abzuwarten. Nur der erste Versuch ist mit Oderwasser angestellt, welches über Nacht in einem offenen Glasgefäße gestanden hatte. Jedesmal ist die Untersuchung des Wassers, welches noch nicht zum Athmen gedient hatte, bei der Mittheilung der analytischen Resultate vorangestellt worden.

Natur der Gase	Luft vor dem Versuch	Luft nach dem Versuch	Differenz	die Schlämmpelzger haben absorbit	prodnct	Verhältniß des absorb. Sauerstoffs z. absorbirten Stickstoff O = 100	Verhältniß des absorb. Sauerstoffs z. producirten Kohlen-säure O = 100	Temperatur des Wassers	Gewicht d. Flisches in Grm.	Zeit der Respiration in Stunden	Menge d. durchgefoffenen Wassers in Cc.	1 Gramme Schlämmpelzger hat in 1 Stunde absorbirt	1 Gramme Schlämmpelzger hat in 1 Stunde productirt
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	89,88 67,07 18,56 4,25	89,46 67,05 18,66 8,75	0,42	0,02 4,90	4,50	100 : 0,41	100 : 91,84	16° C.	54,5	3	3074	0,0001 0,0239	0,0275
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	97,88 64,62 31,42 1,79	97,46 64,43 36,48 6,53	0,37	0,19 4,94	4,76	100 : 3,84	100 : 96,35	21½° C.	43,5	3	3006	0,0014 0,0378	0,0364
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	92,18 58,17 23,74 3,27	90,49 57,59 24,33 8,55	1,69	1,58 5,39	5,28	100 : 29,31	100 : 97,96	18° C.	61	4	4110	0,0065 0,0221	0,0216
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	99,18 64,48 32,32 2,38	94,42 62,16 23,49 8,77	4,76	2,32 8,83	6,39	100 : 26,27	100 : 72,34	15½° C.	61	4½	4526	0,0064 0,0322	0,0233
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	108,51 70,90 35,53 2,08	107,04 69,89 31,18 5,97	1,47	1,01 4,35	3,89	100 : 23,21	100 : 89,42	12° C.	85,5	5	4373	0,0034 0,0148	0,0132
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	91,68 60,84 29,66 1,88	85,77 57,16 21,26 7,35	5,91	3,18 8,40	5,67	100 : 37,86	100 : 67,50	19° C.	61	5½	5421	0,0095 0,0250	0,0169
Ganzes Stickstoffgas Sauerstoffgas Kohlensäuregas	105,42 67,81 34,44 3,17	104,57 66,96 31,35 6,25	0,85	0,85 3,08	3,08	100 : 27,60	100 : 100	13° C.	52	6½	6558	0,0025 0,0091	0,0091

Wir gelangen durch diese Zusammenstellung im Allgemeinen zu denselben Schlufsfolgerungen, welche wir oben bei der Respiration der Schlammpeizger angeführt haben. Es kann daher hier um so mehr darauf zurückgewiesen werden, als wir im letzten Theil einen Totalüberblick der Respirationerscheinungen dieser Fische, so weit erstere der Chemie angehören, zu geben versuchen werden.

Ueber die Darmrespiration des Schlammpeizgers.

Bereits im Eingange ist hervorgehoben worden, dafs der Entleerung der im Nahrungscanal enthaltenen Gase die Aufnahme atmosphärischer Luft vorherzugehen pflegt. In der Regel folgen beide respiratorische Acte innerhalb weniger Secunden auf einander, selten tritt einer von ihnen allein auf. Niemals habe ich die Darmexhalation beobachtet, wenn der Fisch in einem Gefäfse lebte, das vollkommen mit Wasser angefüllt und hermetisch verschlossen war. Aus diesen Gründen ist es zur Gewinnung der Darmgase erforderlich, dem Fische den freien Zutritt zur Atmosphäre offen zu erhalten. Man kann dies, ohne die normale Athmungsweise des Fisches zu stören, sehr leicht auf folgende Weise erreichen.

Ein kleines Glaskölbchen, dessen Hals vor der Glasbläserlampe verengt worden ist, wird mittelst eines Rohres von vulkanisirtem Kautschouk mit dem Halse eines Glastrichters in Verbindung gebracht. Die Basis des Trichters darf den innern Raum des Behälters, in welchem der Fisch athmen soll, nicht vollständig ausfüllen, vielmehr mufs ein angemessener Zwischenraum zwischen dem Trichterrande und der Peripherie des Behälters offen bleiben, durch welchen der Schlammpeizger ungehindert zur Oberfläche des Wassers und damit zur atmosphärischen Luft gelangen kann. Recipient und Trichter werden zuerst mit Wasser gefüllt, über den

Rand des letzteren eine mattgeschliffene Glasplatte geschoben und sodann unter dem Wasser des Behälters umgestürzt. Ist bei dieser Operation keine Luftblase in den Trichter gelangt, so wird der ganze Apparat auf passende Weise festgestellt und dabei der Trichterrand einige Zoll in das Sperrwasser herabgedrückt.

Auf diese Weise gelangen die Gasblasen, welche die Schlammpeizger beim Herabtauchen entweichen lassen, mit geringem Verlust in das Innere des Trichters und sammeln sich allmählig im Recipienten an. Ist letzterer mit Gas gefüllt, so wird er an dem verengten Halstheile mit dem Löthrohr abgeschmolzen. Gewöhnlich geben fünf bis sechs Schlammpeizger mittlerer Gröfse so viel Luft aus, dafs ein Recipient, welcher 3 bis 4 Unzen Wasser fafst, in einer, höchstens zwei Stunden davon erfüllt wird. Auf diese Weise ist die Luft, welche zu den nachfolgenden drei Analysen benutzt wurde, gesammelt worden. Das Gefäfs, in welchem die Schlammpeizger lebten, enthielt nahezu 12 Liter Oderwasser. Die Aufsammlung erfolgte in gleichen Zeitabschnitten, d. h. von je drei zu drei Tagen, während welcher Zeit das Wasser nicht erneuert und die Fische mit Regenwürmern gefüttert worden waren.

Die nachfolgenden drei Analysen zeigen die Zusammensetzung der durch den Darmcanal ausgeschiedenen Luft :

100 Volume derselben enthalten :

	I.	II.	III.
Stickstoffgas	87,77	85,82	87,95
Sauerstoffgas	10,46	13,71	11,92
Kohlensäuregas	1,77	0,47	0,13
	100,00	100,00	100,00.

Um nun den Einfluss zu ermitteln, den das längere Verweilen der Luft im Darmcanale auf deren Zusammensetzung ausübt, brachte ich in demselben Behälter nach abermals drei

Tagen ein Netz von Bindfaden unterhalb des Wasserspiegels an. Sechs Stunden hindurch blieb den Fischen auf diese Weise die directe Communication mit der Atmosphäre abgesperrt; vergeblich versuchten sie, nicht ohne Zeichen von Unruhe, das Netz zu durchbrechen. Nach dessen Entfernung schnappten die Schlammpeizger in kurzen Zwischenräumen wiederholt nach Luft und zugleich war die Gasentleerung so reichlich, daß zur Füllung eines Recipienten von der oben angegebenen Capacität fast nur halb so viel Zeit erforderlich war, als bei dem früheren Versuch. Die Zusammenstellung dieser jetzt gewonnenen Darmluft war folgende :

Es enthalten 100 Volume dieser Luft :

Stickstoffgas	90,48
Sauerstoffgas	8,12
Kohlensäuregas	1,40
	<hr/>
	100,00.

Bei einem zweiten derartigen Versuche, der gleichfalls sechs Stunden dauerte, ergab die analysirte Luft Folgendes :

Stickstoffgas	92,19
Sauerstoffgas	7,76
Kohlensäuregas	0,05
	<hr/>
	100,00.

Aehnlich ist die Beschaffenheit der Darmluft, wenn der Schlammpeizger längere Zeit in luftdicht verschlossenen, mit Wasser gefüllten Gefäßen respirirt hat. Ein solcher Fisch von 58,4 Grammes Gewicht athmete 8 Stunden lang in 6700 CC. Wasser von + 10° C. Vor dem Versuche bestand die Luft des Wassers aus :

Stickstoffgas	64,53
Sauerstoffgas	32,18
Kohlensäuregas	3,29
	<hr/>
	100,00.

Nach dem Versuche aus Stickstoffgas	63,06
„ „ „ „ Sauerstoffgas	21,24
„ „ „ „ Kohlensäuregas	15,70
	<u>100,00.</u>

Nach 8 Stunden wurde der Schlammpeizger sogleich in den zum Auffangen des Gases vorgerichteten Behälter gebracht. In der ersten halben Stunde hatte der Fisch nicht weniger, als sieben Mal, durch den Mund atmosphärische Luft eingenommen. Nach kaum $\frac{3}{4}$ Stunden war der Recipient von der Darmluft angefüllt. Die Zusammenstellung dieser Luft war in diesem Falle folgende :

In 100 Volumen dieser Luft :

Stickstoffgas	91,07
Sauerstoffgas	6,29
Kohlensäuregas	2,64
	<u>100,00.</u>

Ehe aus den vorhergehenden analytischen Resultaten ein sicherer Schluss auf die Beschaffenheit der gasförmigen Producte der Darmrespiration gezogen werden kann, muß vor Allem der Einfluß, den das Sperrwasser, so wie die in ihm enthaltene Luft auf die Zusammensetzung der betreffenden Darmgase ausübt, näher ermittelt werden. Die Veränderungen, welche die Darmgase unter den beim Auffangen gegebenen Bedingungen erfahren haben konnten, hängen ab : 1) von der Temperatur des Wassers ; 2) von dem relativen Volumverhältniß des im Wasser aufsteigenden Gases zum Absorptionsmittel (dem Wasser) ; 3) von der Zusammensetzung des im absorbirenden Mittel bereits enthaltenen Gases, und endlich 4) von der Zusammensetzung des freien Gases selbst (der Luft aus dem Darm). Da nun die im Wasser absorbirte atmosphärische Luft während der Dauer des Experiments fortwährend ihre Zusammensetzung ändert, theils wegen der Kiemenrespiration und Hautperspiration der Fische,

theils, weil die äussere Luft zum Wasser freien Zutritt hat; da ferner die durch den Darm der Fische entleerte Luft ihrer wirklichen Zusammensetzung nach unbekannt ist und überhaupt aus physiologischen Gründen gewissen, wenn auch nur geringfügigen Modificationen unterworfen seyn dürfte, so möchte es kaum gelingen, weder auf dem Wege der Rechnung, noch dem des Experiments eine wirklich exacte Lösung der uns beschäftigenden Frage herbeizuführen. Wir werden uns aber der Wahrheit möglichst nähern können, wenn wir unsere Versuche mit Rücksicht auf die oben angegebenen Gesichtspunkte vervielfältigen und das Für oder Wider, welches sich aus diesen Versuchen ergeben wird, bei der endlichen Feststellung unserer Schlüsse gehörig berücksichtigen.

Aus den Arbeiten Regnault's und Reiset's geht hervor, daß bei warmblütigen Thieren unter den normalen Verhältnissen die Menge des eingeathmeten Sauerstoffs nur wenig die Quantität der ausgeathmeten Kohlensäure übersteigt. Wir haben bei der Kiemenrespiration der Schleien und Goldfische etwas Aehnliches gefunden. Bei den Schlammpeitzgern ist das Volum der exspirirten Kohlensäure unter gleichen Verhältnissen merklich gröfser, wie bei Schleien und Goldfischen, ja es überwiegt nicht selten unter normalen Bedingungen das Volum des absorbirten Sauerstoffs. Es mußte daher (wenn wir anders die Darmrespiration dieser Fische mit den allgemeinen chemischen Respirationerscheinungen auf eine Stufe stellen können) sich die Vermuthung aufdrängen, ob nicht die so bedeutende Differenz zwischen der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft und jener Darmgase auf einer Absorption von Sauerstoff und Kohlensäure durch das Sperrwasser beruhen möchte. Da nun die Kohlensäure im Wasser bei weitem löslicher ist, als Sauerstoff, und überdies in relativ geringer Menge in den Darmgasen gefunden wurde, so konnte eine besonders reichliche Absorption der Kohlensäure

präsumirt werden. In dieser Voraussetzung habe ich unter Zugrundelegung obiger Analysen künstlich bereitete Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlensäure über Quecksilber in ein System zusammenhängender Glaskugeln gefüllt, diese nach der Füllung durch das Löthrohr zugeschmolzen, von einander getrennt und die einzelnen Kugeln unter dem Trichter des zum Auffangen der Darmgase dienenden Apparats geöffnet. Hierdurch suchte ich den äußeren Vorgang, welcher bei der Darmrespiration der Fische beobachtet wird, möglichst nachzuahmen. Als Recipient diene ebenfalls ein Glaskölbchen von der bereits angegebenen Capacität. Zuerst wurde ein Gemisch von 4 Volumen atmosphärischer Luft und 1 Volumen Kohlensäure auf diese Weise in den Recipienten übergefüllt und 3 Stunden lang mit dem Sperrwasser in Berührung gelassen. Der Inhalt des Recipienten ergab, in das kleine Eudiometer übergefüllt, folgende Zahlen :

In 100 Volumen :

Ursprüngliches Gemisch		Nach dem Versuch	
Stickstoffgas	63,23	Stickstoffgas	71,08
Sauerstoffgas	16,77	Sauerstoffgas	18,72
Kohlensäuregas	20,00	Kohlensäuregas	10,20
<hr/>		<hr/>	
100,00		100,00.	

Das relative Verhältnifs des Stickstoffs zum Sauerstoff, ersterer gleich 100 gesetzt, berechnet sich hieraus :

Ursprüngliches Gemisch		Nach dem Versuch	
Stickstoffgas	100	Stickstoffgas	100
Sauerstoffgas	26,52	Sauerstoffgas	26,33.

Ein anderes Gasgemenge im Verhältnifs von 6 Volumen atmosphärischer Luft und 1 Volum Kohlensäure, wie früher gesammelt, ergab nach einstündiger Berührung mit dem Sperrwasser folgende Zusammensetzung :

In 100 Volumen :

Ursprüngliches Gemisch		Nach dem Versuch	
Stickstoffgas	67,75	Stickstoffgas	73,67
Sauerstoffgas	17,97	Sauerstoffgas	19,10
Kohlensäuregas	14,28	Kohlensäuregas	7,23
<hr/>		<hr/>	
100,00		100,00.	

Das relative Verhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoff beträgt :

Ursprüngliches Gemisch		Nach dem Versuch	
Stickstoffgas	100	Stickstoffgas	100
Sauerstoffgas	26,52	Sauerstoffgas	25,93.

Dasselbe Gasgemisch aus 6 Volumen Luft und 1 Volum Kohlensäure nach zweistündiger Berührung mit dem Sperrwasser hatte folgende Zusammensetzung :

In 100 Volumen :

Ursprüngliches Gemisch		Nach dem Versuch	
Stickstoffgas	67,75	Stickstoffgas	74,21
Sauerstoffgas	17,97	Sauerstoffgas	19,55
Kohlensäuregas	14,28	Kohlensäuregas	6,24
<hr/>		<hr/>	
100,00		100,00.	

Das relative Verhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoff beträgt :

Ursprüngliches Gemisch		Nach dem Versuch	
Stickstoffgas	100	Stickstoffgas	100
Sauerstoffgas	26,52	Sauerstoffgas	26,34.

Diese Versuche weisen eine nicht unbedeutende Absorption der Kohlensäure durch das Sperrwasser nach, während das Verhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoff nicht verändert worden ist.

Es wirft sich jetzt die weitere Frage auf, in wiefern die im Sperrwasser absorbiert enthaltene Luft einen Einfluß auf die Zusammensetzung der Darmgase während ihres Durchtritts geltend machen könne. Um der Lösung dieser Frage näher zu kommen, liefs ich atmosphärische Luft in analoger Weise,

wie die Schlammpeizger die Darmgase, durch das Sperrwasser, in welchem diese Fische mehrere Tage gelebt hatten, hindurchtreten, sammelte sie im Recipienten und liefs sie wieder 2 Stunden in diesem mit dem Wasser in Berührung bleiben. Die Analyse ergab für diese Luft fast genau die ursprüngliche Zusammensetzung, nämlich :

In 100 Volumen :

Stickstoffgas 79,30

Sauerstoffgas 20,70

Kohlensäuregas 0,00

100,00.

Der geringe Ueberschufs von 0,03 Kohlensäure beruht auf einem Beobachtungsfehler, welcher in der geringen Menge der zur Analyse benutzten Luft seine Erklärung findet.

Nach diesen vergleichenden Versuchen scheint demnach der Gehalt der Darmgase an Kohlensäure ursprünglich wirklich bedeutender gewesen zu seyn, wenigstens sind die in den angegebenen Verhältnissen bereiteten Gasgemische durch den Verlust an Kohlensäure der gefundenen Zusammensetzung der Darmgase einigermassen näher gerückt. Dagegen läfst sich zufolge dieser Versuche die in den Darmgasen auftretende Verringerung des Sauerstoffs nicht durch Absorption erklären, ein Umstand, der an und für sich hinreichen würde, die Richtigkeit unserer Voraussetzung in Zweifel zu ziehen, ganz abgesehen von der Unsicherheit einer jeden durch blofse Analogieen gestützten Schlufsfolgerung. Ich habe es daher vorgezogen, die angedeuteten Schwierigkeiten, welche bei der uns beschäftigenden Frage Statt finden, auf einem anderen Wege zu umgehen, und glaube diefs in dem nachfolgenden Experiment erreicht zu haben.

Ich nahm eine Retorte von ungefähr fünf Liter Inhalt, füllte sie mit frisch destillirtem Wasser und suchte durch mehrere Stunden hindurch fortgesetztes Kochen die letzten

Spuren von Luft dem Wasser zu entziehen. Nachdem das Wasser unter Abschlufs der Luft erkaltet war, füllte ich den Hals der Retorte mit einigen Grammes ausgekochten und wieder erkalteten Wassers an und gab der Retorte eine Lage, bei welcher der Grund derselben nach oben gerichtet war. Alsdann liefs ich einen Schlammpeizger, um den ich einen Faden geschlungen hatte, in die Retorte hinabgleiten. Der Mangel an absorbirter Luft zwang den Fisch, im Retortenhalse in die Höhe und zur atmosphärischen Luft emporzusteigen; zugleich hatte die Kiemenrespiration fast ganz aufgehört. Während der Dauer des Experiments, d. h. während einer reichlichen Stunde, hielt sich der Fisch unausgesetzt dicht unter dem Wasserniveau im Halse der Retorte auf; bisweilen streckte er minutenlang den Kopf zum Wasser heraus, um wiederholt Luft zu schöpfen. Indessen sammelten sich die aus der Aftermündung ausgestoßenen Gase im Grunde der Retorte an, und zwar in kurzer Zeit in solcher Menge, daß der Fisch schon nach $1\frac{1}{4}$ Stunde aus der Retorte herausgezogen werden konnte. Es war jetzt nur noch nöthig, den Hals der Retorte mit einigen Tropfen gut ausgekochten Wassers wieder vollzufüllen und sogleich den zur Gewinnung der absorbirten Luft dienenden Apparat mit der Retorte in Verbindung zu bringen. Durch eine Ligatur wurde die in der Retorte gesammelte Darmluft gehindert, während der Apparat luftleer gemacht wurde, zu entweichen. Erst als das Vacuum vollendet und der Apparat in die entsprechende Stellung gebracht worden war, trat die aus dem Darm entleerte Luft, nachdem die Ligatur geöffnet war, in den luftleeren Raum ein. Nun wurde das in der Retorte befindliche Wasser von neuem ausgekocht und endlich der zum Auffangen der Gase dienende Recipient abgeschmolzen. Es bedarf keiner Erwähnung, daß letzterer dem Volum des Gases angepaßt war. Auf diese Weise mußte ich die aus dem Darm

entleerten Gase in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit erhalten, ohne dafs sie durch Absorption verändert seyn konnten. Die verhältnifsmäfsig äufserst geringe Oberfläche, an welcher die Atmosphäre mit dem Wasser in der Retorte während des Athmens des Fisches in Berührung gewesen war, konnte unmöglich auf das analytische Resultat von bedeutendem Einflusse seyn.

Die Untersuchung der auf diese Art gesammelten Darmgase ergab folgendes Resultat :

In 100 Volumen :

Stickstoffgas	88,23
Sauerstoffgas	10,61
Kohlensäuregas	1,16
	<hr/> 100,00.

Ein zweiter, in derselben Weise angestellter Versuch ergab :

In 100 Volumen :

Stickstoffgas	87,02
Sauerstoffgas	11,18
Kohlensäuregas	1,18
	<hr/> 100,00.

Wir kommen somit zu dem Schlufs, dafs die durch den Darm der Schlammpeizger exspirirte Luft in der That die aus den Analysen sich ergebende Zusammensetzung besitzt, dafs der Sauerstoffgehalt derselben zwischen 10 bis 13 Volumprocenten schwankt, dafs endlich die Menge der Kohlensäure 2 Volumprocente nicht übersteigt. Die geringen Unterschiede, welche die einzelnen Analysen nachweisen, erklären sich ungezwungen aus der mehr oder minder vorgeschrittenen Umwandlung, welche die in den Nahrungscanal aufgenommene atmosphärische Luft erfahren hat.

Ihrerseits hängt diese Umwandlung aufs Innigste von gewissen physiologischen Bedingungen ab, z. B. der Energie des Athmungsprocesses, dem Alter, der Nahrung der Fische u. dgl. mehr. Wir müssen weiter schliessen, dass diese Gase durch das Sperrwasser und die in diesem enthaltene Luft wesentlich nicht alterirt worden sind. Dieses Resultat bestätigt ferner die bereits von Bischof gefundenen Zahlen, sowie es die Ansicht Erman's, der zufolge dieser Vorgang in unmittelbarer Verbindung mit dem Respirationsprocesse besteht, mit neuen Beweisen versieht.

Endlich dürfte dem Schlusse nichts entgegenstehen, dass auch die durch die Analyse gefundenen Zahlen für die Zusammensetzung der Darmgase, welche die Schlammpeizger bei längerem Aufenthalt in luftverschlossenen Gefässen entwickeln, richtig sind und also auch die noch weitere Abnahme des Sauerstoffs, die daraus hervorging, wirklich Statt gefunden hat. Wir werden im nachfolgenden Theile, wo wir den ganzen Respirationsproceß der Schlammpeizger behandeln, noch einmal auf diese Versuche zurückkommen müssen, weil sie von dem Zusammenhang der Kiemen- und Darmrespiration der Fische eine deutliche Vorstellung geben können und ein wesentliches Moment bilden, die scheinbar abnorme Kiemenrespiration der Schlammpeizger auf einfache und natürliche Weise zu erklären.

Dritter Theil.

Nachdem in dem vorhergehenden Abschnitt die speciellen Untersuchungen über die Respiration des Schlammpeizgers abgehandelt worden sind, sollen nun die sich ergebenden Folgerungen gezogen und schliesslich die naturhistorische

Seite unseres Gegenstandes mit wenigen Worten berührt werden.

Zur Beurtheilung des normalen Athmungsprocesses wäre streng genommen die Zurückführung der analytischen Resultate auf das dem Flufswasser entsprechende mittlere Luftvolum erforderlich. Es geht jedoch aus dem Früheren hervor, daß die Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft unter den alltäglichen Verhältnissen nicht unbedeutende und jedenfalls gröfsere Schwankungen erleidet, als die atmosphärische Luft. Wenn wir aus diesem Grunde den Wasserthieren im Allgemeinen schon ein stärkeres Accommodationsvermögen für Luftveränderungen zuerkennen müssen, so wird diefs in noch höherem Grade vom Schlammpeizger angenommen werden können, einem Fische, welcher in den stehenden Gewässern ein sauerstoffarmes, mit Kohlensäure und Grubengas beladenes Medium einathmet. Die Schwierigkeit, die mittlere Luftbeschaffenheit des Wassers in Zahlen genau wiederzugeben, kann wohl an dieser Stelle um so eher umgangen werden, als die zu den Respirationsexperimenten benutzte Luft nicht wesentlich von der ungefähren mittleren Zusammensetzung der im Flufswasser enthaltenen Luft abweicht. Legen wir die aus A. von Humboldt's und Provençal's Versuchen sich ergebende mittlere Zusammensetzung der aus dem Seiewasser gewonnenen Luft zu Grunde, die in 100 Volumen ungefähr 65 pC. Stickstoff, 31 pC. Sauerstoff und 4 pC. Kohlensäure ergibt, so zeigt der Versuch, wie wenig die zu den hierher gehörenden Experimenten benutzte Luft von jener des Seiewassers differirt.

Interessanter dürfte es seyn, diese Versuche auf ein und dasselbe absolute Luftvolum zurückzuführen. In der anliegenden Tabelle sind die Zahlen, welche den in verschlossenen Ballons ausgeführten Experimenten entsprachen, auf ein Luftvolum von 1000 CC. Wasser bezogen worden. Sie sind nach

der Zeit geordnet, welche die Fische in dem geschlossenen Raume zugebracht haben.

Läfst man die Menge des absorbirten Sauerstoffs als Maß der Respirationsintensität gelten, so zeigt sich, daß Ein Gramme Schlammpeizger unter den gegebenen Verhältnissen ein ziemlich wechselndes Volum von diesem Gase in einer Stunde absorbirt. Dasselbe schwankt nämlich zwischen 0,0023 bis 0,0091 CC. Ein Gramme Goldfisch absorbirt in der Stunde zwischen 0,0053 bis 0,0094 CC. Sauerstoff, während Ein Gramme Schleie beträchtlich weniger, nämlich 0,001 CC. Sauerstoff in der Stunde aufnimmt. Wir wissen nun zwar, daß im Allgemeinen die absolute Intensität der Respiration nicht allein bei verschiedenen Individuen, sondern selbst bei demselben Thiere bedeutend wechseln kann, ohne daß man immer im Stande wäre, die Ursache dieses Wechsels mit Sicherheit zu bestimmen. Gewiß übt aber die Art und die Menge der eingenommenen Nahrung den entschiedensten Einfluß. Dieses Moment würde in dem vorliegenden Falle, für sich allein genommen, viel eher zu Gunsten der Schleien angezogen werden müssen; denn während die Schleien und Schlammpeizger eine mehr als ausreichende Menge Regenwürmer verzehrten, begnügten sich die Goldfische mit außerordentlich kleinen Quantitäten Semmel oder Oblaten. Es kann daher die größere absolute Respirationsintensität, welche die Goldfische besitzen, schwerlich auf Rechnung eines durch die Nahrung beschleunigten Stoffwechsels gesetzt werden. Zu der verhältnißmäßig großen Lebhaftigkeit der Goldfische, so wie zu dem relativ größeren Wärmebedürfnis derselben, steht die kleine Menge der aufgenommenen Nahrung in auffallendem Mißverhältniß. Daß die Schlammpeizger mehr Sauerstoff verbrauchen, als Schleien, hängt wohl mit dem größeren Gefäßreichthum der Schlammpeizger zusammen; während andererseits der mangelnde Rhythmus ihrer Athem-

bewegungen die größeren Schwankungen hinsichtlich des aufgenommenen Sauerstoffvolums erklärt. Ueber das Volumverhältniß der ausgeschiedenen Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffs habe ich bereits früher einige Andeutungen gegeben. Der Umstand, daß das Volum der ausgeathmeten Kohlensäure das absorbirte Sauerstoffvolum bei den Schlammpeizgern sehr bald nicht nur erreicht, sondern in einer großen Zahl von Fällen selbst übertrifft, mußte mich anfänglich an dem normalen Verhalten der Fische während dieser Experimente zweifeln lassen. Ich dehnte daher meine Versuche auf Goldfische und Schleien aus.

Es war hierbei meine Absicht, den Respirationsproceß der Schleie und des Goldfisches nur ebensoweit zu verfolgen, als dies zur Beurtheilung desselben Vorganges beim Schlammpeizger nöthig war. Und in dieser Beziehung, glaube ich, sind diese Versuche nicht ohne Interesse. Nachdem ich mich nämlich überzeugt hatte, daß der Schlammpeizger unter den gegebenen Bedingungen bereits nach 4 bis 5 Stunden ein das Sauerstoffvolum übertreffendes Volum Kohlensäure ausscheidet, nachdem ich mich ferner versichert hatte, daß der Schlammpeizger unter diesen anscheinend ungünstigen Verhältnissen keinerlei nachtheilige Folgen verrieth, kam es mir darauf an, das Verhalten anderer Fische in gleicher Weise dem Experiment zu unterwerfen. Aus diesem Grunde habe ich die Versuchsdauer bei Schleien und Goldfischen sogleich auf 5 bis 6 Stunden ausgedehnt, und als das Experiment innerhalb dieser Grenze noch eine Absorption des Sauerstoffs nachwies, die Versuche bis zu jenem Termin verlängert, bis zu welchem die Schlammpeizger ohne sichtbares Unbehagen in dem geschlossenen Raume geathmet hatten. Der Erfolg hat zweierlei herausgestellt: 1) daß bei den Schleien und Goldfischen das Volum der producirten Kohlensäure jenes des absorbirten Sauerstoffs später erreicht, als bei den

Schlammpeizgern, und 2) daß diese Fische alsdann so bedeutend leiden, daß sie in Folge des Experiments zu Grunde gehen. Es ist wohl kaum zweifelhaft, daß bei normaler Respiration der Fische ebenso wie bei andern Thierklassen eine gewisse Menge des absorbirten Sauerstoffs zur schließlichen Bildung von Wasser und anderer Excretionsproducte verbraucht wird; daher denn auch bei ihnen das aufgenommene Sauerstoffvolum größer ist, als das der gebildeten Kohlensäure. Bei denjenigen Versuchen, welche unter nahezu normalen Verhältnissen, d. i. bei kurzer Respirationsdauer, angestellt worden sind, finden wir auch in der That eine solche Relation zwischen dem Sauerstoff- und Stickstoff-Volum. Wo hingegen das Volum der ausgeschiedenen Kohlensäure das des absorbirten Sauerstoffs erreicht, oder wohl gar übertrifft, tritt bei Schleien und Goldfischen wenigstens ein abnormer Proceß der Kohlensäureausscheidung ein.

Bei den Schlammpeizgern läßt sich die schnelle Zunahme der ausgeschiedenen Kohlensäure und das geringe Unbehagen, welches niemals zu schlimmeren Symptomen oder gar zum Tode Veranlassung gegeben hat, auf eine einfache Weise mit der Darmrespiration in Zusammenhang bringen. Die durch den Darm entleerte Luft ist wesentlich anders zusammengesetzt, als die atmosphärische. Ihr Sauerstoffgehalt ist bedeutend verringert, während die Bildung der Kohlensäure durchaus nicht in gleicher Weise zugenommen hat. Diese Absorption des Sauerstoffs, welche die Vergleichung der eingenommenen und ausgestoßenen Luft bei der Darmrespiration immer nachgewiesen hat, scheint mit dem längeren Verweilen der Luft innerhalb des Organismus zu wachsen. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen schwankt der Sauerstoffgehalt der durch den Darm entleerten Luft zwischen 10 und 13 Volumprocenten; nach weiterem sechs- bis achtstündigem Verweilen der Luft im Darmcanale sinkt deren Sauerstoffgehalt bis auf 7 oder

6 Volumprocente herab. Da nun aber eine dieser Sauerstoffabsorption proportionale Kohlensäureausscheidung durch den Darm bei den Schlammpeizgern nicht Statt findet, so müssen wir schliessen, dafs der Schlammpeizger den mit der atmosphärischen Luft durch den Mund aufgenommenen Sauerstoff, nachdem dieser im Organismus seine Function erfüllt hat, grösstentheils, soweit er nämlich zur Bildung von Kohlensäure verwendet worden ist, durch den Kiemen oder die Haut wieder ausscheidet. Daraus würde sich die schnelle Zunahme der Kohlensäure, der Ueberschufs derselben, welchen die Athmungsproducte nachweisen, und vielleicht auch die Leichtigkeit, mit welcher ihre Anhäufung im Wasser vertragen wird, erklären lassen.

Denn dafs bei den Schlammpeizgern so wenig, wie bei Schleien oder Goldfischen, die im Wasser sich anhäufende Kohlensäure an und für sich als Ursache der nachtheiligen Zufälle zu betrachten ist, ist durch die Versuche von A. von Humboldt und Provençal erwiesen.

Ein fernerer Grund, der mich bewog, die Schleien und Goldfische sogleich längere Zeit in verschlossenen Gefäfsen respiriren zu lassen, war die Hoffnung, auf diese Weise die etwaigen Schwankungen, welche den Stickstoffgehalt berühren, für die Untersuchung erfafsbar zu machen. Die obige Tabelle ergiebt hinsichtlich des Stickstoffs weder bei den Schleien, noch bei den Goldfischen eine nennenswerthe Veränderung. Auch in dieser Beziehung dürfte sich vielleicht die Respiration der Fische derjenigen anderer Thierklassen anschliessen. Dagegen haben die Schlammpeizger in der grossen Mehrzahl der Versuche Stickstoff absorbirt, denn das Volum des absorbirten Stickstoffs überschreitet hier unzweifelhaft die Grenzen der unvermeidlichen Fehler. Es wäre nicht unmöglich, dafs diese Absorption des Stickstoffs mit der Darmrespiration in einer gewissen Beziehung stünde, so zwar, dafs die aus dem

nach welcher das Salz enthalten muß :

Cd	50,429
Cu	13,872
Cy	35,699
	<hr/> 100,000.

6. *Quecksilber-Kadmiumcyanüre.* — Wird Kadmiumoxydhydrat und Quecksilberoxyd zusammen in Blausäure gelöst, so erhält man ein Salz, welches luftbeständige Krystalle bildet, die ein weißes undurchsichtiges Aussehen haben und dem krystallisirten Quecksilbercyanid sehr ähnlich sind. Sie bilden rechtwinklige vierseitige Prismen mit einer scharfen Reifung parallel der Hauptaxe. Die Krystalle enthalten kein Krystallwasser, stark erwärmt verknistern dieselben zuerst, werden dann vollständig zersetzt, wobei sich zugleich alles Quecksilber als solches verflüchtigt, sowie auch ein Theil des Kadmiums.

Das Salz ist in kaltem Wasser leicht löslich, von verdünnten Säuren wird es vollständig zersetzt. Sehr concentrirte Kalilauge zersetzt die Verbindung beim Kochen und scheidet metallisches Quecksilber aus. Schweflige Säure bewirkt anfangs in der Lösung eine schwache Trübung, welche in der Wärme schnell zunimmt, indem sich eine weißse, flockige, voluminöse Masse ausscheidet. Viele schwere Metallsalze zeigen, im Gegensatz zu den früher besprochenen Verbindungen, das abweichende Verhalten, daß die meisten hierin keine Fällung verursachen. Ein anfangs weißer, nach einiger Zeit grau werdender Niederschlag, der ein Gemenge von Calomel mit metallischem Quecksilber ist, entsteht auf Zusatz von Zinnchlorür. In salpetersaurem Quecksilberoxydul bewirkt die Lösung des Salzes eine Ausscheidung von metallischem Quecksilber. Schwefelsaures Kupferoxyd, Eisen-

Natur der Gase	Zeit der Respi- ration in Stun- den	Luft vor d. Ver- such in 1000 CC. Wasser	Luft nach d. Ver- such in 1000 CC. Wasser	1 Grm. Schlamm- peizger hat in einer Stunde absorbirt	1 Grm. Schlamm- peizger hat in einer Stunde producirt	Menge des durch- geflos- senen Was- sers	Ge- wicht des Fi- sches in Grm.
Ganzes	3	14,14	14,07			3074	54,5
Stickstoffgas		10,55	10,54	0,000061			
Sauerstoffgas		2,92	2,15	0,00471			
Kohlensäuregas		0,67	1,38		0,00434		
Ganzes	3	15,38	15,32			3006	43,5
Stickstoffgas		10,16	10,13	0,000229			
Sauerstoffgas		4,94	4,16	0,00598			
Kohlensäuregas		0,28	1,08		0,00575		
Ganzes	4	14,49	14,22			4110	61
Stickstoffgas		9,30	9,05	0,00102			
Sauerstoffgas		4,68	3,83	0,00348			
Kohlensäuregas		0,51	1,34		0,00340		
Ganzes	4½	15,59	14,84			4526	61
Stickstoffgas		10,14	9,77	0,00134			
Sauerstoffgas		5,08	3,69	0,00506			
Kohlensäuregas		0,37	1,38		0,00368		
Ganzes	5	17,07	16,83			4973	58,5
Stickstoffgas		11,15	10,99	0,00054			
Sauerstoffgas		5,59	4,90	0,00236			
Kohlensäuregas		0,33	0,94		0,00208		
Ganzes	5½	14,41	13,49			5421	61
Stickstoffgas		9,49	8,99	0,00149			
Sauerstoffgas		4,66	3,34	0,00393			
Kohlensäuregas		0,26	1,16		0,00268		
Ganzes	6½	16,58	16,44			6558	52
Stickstoffgas		10,66	10,53	0,000384			
Sauerstoffgas		5,42	4,93	0,00145			
Kohlensäuregas		0,50	0,98		0,00142		

Die Folgerungen, welche sich aus dieser Tabelle ableiten lassen, sind im Allgemeinen dieselben, welche bereits hinsichtlich der Schlammpeizger besprochen worden sind. Bei allen 7 Versuchen hat eine Absorption von Stickstoff Statt gehabt, die in den letzten 5 Fällen jedenfalls zu groß ist, um auf Rechnung der Beobachtungsfehler gesetzt werden zu können.

Auch das Volum der producirten Kohlensäure erreicht nahezu um dieselbe Zeit das des absorbirten Sauerstoffs. Dagegen scheint die Intensität der Respiration in diesen Versuchen etwas geringer, denn das Volum des absorbirten Sauerstoffs schwankt zwischen 0,0014 bis 0,0059 CC.

Die Menge des durchfließenden Wassers habe ich möglichst in der Weise zu regeln gesucht, daß in einer Stunde ungefähr 1000 CC. durch den Apparat hindurchtraten. Es erhielt demnach jeder Gramm Fisch in je einer Stunde durchschnittlich 1000 CC. Sauerstoff mehr, als er in dieser Zeit absorbirte, eine gewiß hinreichende Menge, um den Respirationsproceß auf normale Weise zu unterhalten.

Im Allgemeinen scheint ein wechselseitiges Ineinandergreifen beider Respirationsarten zur Erhaltung des normalen Lebens dieser Fische durchaus nothwendig, so zwar, daß bei hinreichender Nahrung und sauerstoffreichem Wasser beide Arten der Respiration in Thätigkeit treten, während ein sauerstoffarmes Medium, oder ein mit andern Gasen geschwängertes Wasser, wie es sich in Morästen findet, besonders die Darmrespiration begünstigt.

Mit großer Wahrscheinlichkeit läßt sich annehmen, daß die Perspiration durch die Haut bei den Fischen im Allgemeinen eine wichtigere Rolle spielt, als bei warmblütigen Thieren. Wenn auch bisher keine entscheidende Versuche für diese Thierclassen vorliegen, so lassen die Beobachtungen, welche Regnault und Reiset an Fröschen gemacht haben, ein analoges Verhalten bei den Fischen vermuthen. Es ist meine Absicht, diese Frage zum ferneren Gegenstand der Untersuchung zu machen, und ich zweifle nicht, daß die hier abgehandelten Respirationserscheinungen, welche der Schlammpeizger darbietet, nicht wenig dabei an Klarheit und Verständniß gewinnen werden.