

## Weitere Versuche über die Diffusion von Gasen in Wasser.

Von

**F. Hoppe - Seyler.**

In einigen Versuchsreihen, welche Herr Cecil Duncan gemeinschaftlich mit mir vor 2 Jahren ausgeführt hat<sup>1)</sup>, sind die theoretisch zunächst kaum verwendbaren, aber praktisch nicht unwichtigen Ergebnisse hervorgetreten, dass die atmosphärische Luft bei gewöhnlichem Barometerstand und mittleren Temperaturen an der freien Oberfläche mit einer im Uebrigen abgeschlossenen Wassermasse in Berührung gebracht, mit solcher Langsamkeit in dieselbe eindringt, dass nach 14 tägigen Contacte die noch nicht 1 Meter hohe Wassermasse in ihren unteren Schichten kaum zur Hälfte mit absorbirtem Sauerstoff und Stickstoff gesättigt waren, dass ausserdem diese sehr geringe Geschwindigkeit des Eindringens der Gasmoleculc in das Wasser mit dem Vorschreiten der Sättigung der Lösung noch mehr und mehr abnahm.

Dieses letztere Resultat konnte allerdings nicht auffallen, ergab aber auch bezüglich der Triebkräfte, welche bei der Lösung der Gase im Wasser ins Spiel kommen, nicht mehr als dass jedenfalls fortlaufende, wenig sich ändernde Einwirkungen, wie z. B. einseitiger Wärmeverlust, die Ursache dieser Erscheinungen nicht sein konnten. Es blieb unentschieden, ob bei der Aufnahme der Gase an der Oberfläche

---

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XVII, S. 147.

die sich bildende gasreiche Schicht des Wassers ein höheres spec. Gewicht besitzt und sich dementsprechend nach abwärts senkt, oder ob entsprechend der Tension der Gase eine schnellere oder langsamere Erfüllung der Wassermasse mit den Gasen erfolgt entsprechend der Verbreitung der Wärme in einem homogenen festen Körper. Da aber in den einzelnen am Ende jedes Versuches nach einander unten abgefüllten 4 Wasserportionen nahezu gleiche Quantitäten der Gase gefunden wurden, musste die Ansicht an Wahrscheinlichkeit gewinnen, dass ein Hinabfliessen spec. schwererer Wasserschichten von der Oberfläche her im Wesentlichen die gefundenen Erscheinungen hervorzurufen am Besten geeignet sei.

Da eine weitere Aufklärung über die Ursachen dieses Vorgangs auf dem eingeschlagenen Wege nicht wohl erreichbar schien, wurden diese Versuche mit möglichst gasfreiem Wasser nicht weiter fortgesetzt. Ich habe nun eine neue Versuchsreihe ausgeführt unter Verhältnissen, welche nach Möglichkeit das Hinabfliessen specifisch-schwererer Flüssigkeit von der Oberfläche in die tieferen Wasserschichten ganz verhinderten oder wenigstens im höchsten Maasse zu beschränken geeignet schienen.

Um die Einwirkungen von Temperaturänderungen möglichst auszuschliessen, wurde das Rohr A (dasselbe über 1 Meter lange, senkrecht aufgestellte Glasrohr von ca. 6 cm. Durchmesser, welches für die früheren Versuche verwendet war) mit einem Mantel von sehr blankem Weissblech umgeben und der Zwischenraum zwischen Mantel und Glasrohr mit Watte ausgefüllt. Directe Einwirkung von Temperaturänderungen der Luft auf die Wassermasse konnten an der Oberfläche derselben im oben offenen Rohre wohl stattfinden, musste aber sehr gering bleiben, weil der Eintritt der Luft durch ein enges, mit dickem Kautschukschlauch umgebenes Glasrohr erfolgte, die Luft darin und ebenso in dem Raum, in welchem Rohr A sich befand, fast unbewegt blieb und mit Feuchtigkeit stets nahezu gesättigt war. Für die Versuche wurde nun das destillirte Wasser zuerst  $1\frac{1}{2}$  Stunde in lebhaftem Sieden erhalten, darauf verschlossen erkalten gelassen,

dann im ersten Versuche  $\text{CO}_2$ , im zweiten Sauerstoff, im dritten Stickstoff nahezu zur Sättigung eingeleitet. Das Nähere gibt die Beschreibung der einzelnen Versuche. Die Entnahme der zu untersuchenden Wasserproben am Anfang und am Ende jedes Versuchs in die Kochröhren mittelst Quecksilber, so dass diese Wasserportionen mit der atm. Luft nicht in Berührung kommen, ist ebenso ausgeführt, wie in den Versuchen von Herrn C. Duncan und mir, ebenso ist das Auskochen und Auspumpen der Wasserproben mit der Quecksilberpumpe in der früher von mir beschriebenen Weise<sup>1)</sup> vorgenommen.

Bei dem ersten Versuche wurde das  $1\frac{1}{2}$  Stunde im Sieden erhaltene Wasser nach dem Erkalten durch mehrstündiges Durchleiten von  $\text{CO}_2$  ziemlich vollständig mit diesem Gase gesättigt für ca.  $20^\circ \text{C}$ . Mit demselben wurde dann das Rohr A von unten her gefüllt und einige Zeit oben überlaufen gelassen, dann das Rohr durch Klemmen oben und unten geschlossen am 24. November 1893 und von Nachmittag bis zum anderen Morgen 10 Uhr stehen gelassen. Dann wurde oben die Klemme geöffnet, so dass atm. Luft zum Inhalt des Rohrs hinzutreten konnte und dann unten aus demselben mittelst Quecksilber ein Kochrohr unten abgefällt zur Untersuchung des Gasgehaltes. Das Auskochen und Auspumpen dieser Probe ergab nur ein so kleines Luftbläschen, welches von Kalilauge nicht absorbiert wurde, dass der Sauerstoff und Stickstoffgehalt dieser Wasserprobe unbestimmbar war.

Das Rohr A blieb nur oben offen vom 25. November Morgens 9 Uhr 55 Min. bis zum 9. December 1893 Morgens 9 Uhr 10 Min. stehen. Täglich wurde Morgens und Nachmittags die Temperatur der Luft in dem Raume, in welchem das Rohr stand, und der Barometerstand in dieser Zeit bestimmt. Die Temperatur beginnend mit  $9,6^\circ$  erhob sich einmal auf  $10^\circ$ , blieb dann zwischen  $8,9^\circ$  bis  $9,7^\circ$  schwankend bis zum 3. December, fiel dann langsam und betrug am Ende des Versuches  $7,2^\circ$ . Das Barometer, meistens den mittleren Stand für Strassburg innehaltend, fiel gleich in den ersten Tagen einmal auf 738,5 mm., stieg dann kurze Zeit bis 763,8 mm.,

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. analyt. Chemie, 1892, S. 367.

hielt sich dann lange Zeit zwischen 749 und 759 mm. und fiel am letzten Tage auf 743 mm.

Am 9. December Morgens 9 Uhr 10 Min. wurden vier Kochröhren mittelst Quecksilber langsam vom Rohr A mit der Lösung gefüllt, ohne dieselbe in Berührung mit der atm. Luft zu bringen, und ohne eine störende Bewegung in der Flüssigkeit im Rohre A zu veranlassen. Diese Wasserportionen wurden durch Ankochen und Auspumpen mit der Quecksilberpumpe entgast. Da noch sehr grosse Quantitäten  $\text{CO}_2$  im Wasser gelöst waren, musste das Ankochen und Auspumpen gegen 50 mal wiederholt werden, bis die erhaltene Gasquantität verschwindend gering wurde. Die in hohen Absorptionsröhren aufgefangenen Gase wurden von der über Quecksilber eingeführten Natronlauge sofort von  $\text{CO}_2$  befreit, erwiesen sich dabei sehr gering, so dass die Messung ihrer Volumina nicht durch die aufgeätzte Scala, sondern durch Aufzeichnung und Wägung der gleichen Volumina von Quecksilber bestimmt werden mussten. Für 1 Liter Wasser berechnet wurden gefunden für  $0^\circ$  und 760 mm. Druck 3,087 bis 2,521 ebem.  $\text{O}_2 + \text{N}_2$  und hierin 0,750 bis 0,7207 ebem.  $\text{O}_2$  und 2,3366 bis 1,7743 ebem.  $\text{N}_2$ . Der Stickstoff war sonach relativ reichlicher als der Sauerstoff in den tiefen Schichten des Wassers eingedrungen; die eingedrungenen Sauerstoffvolumina betragen kaum  $\frac{1}{10}$ , die des Stickstoffs dagegen  $\frac{1}{8}$  der im Wasser von  $7$  bis  $8^\circ$  Temperatur bei voller Sättigung mit atm. Luft gefundenen Volumina dieser Gase.

Die Quantitäten der im Wasser am Ende des Versuchs noch absorbirt enthaltenen  $\text{CO}_2$  wurde nicht bestimmt, aber ihre Volumina waren noch recht bedeutend. Die Trägheit, mit welcher die Kohlensäure aus damit mehr oder weniger gesättigtem Wasser entweicht, kann in diesem Versuche als ein erhebliches Hinderniss für die Aufnahme von  $\text{O}_2$  und  $\text{N}_2$  angesehen werden, jedenfalls musste nach oben hin entsprechend dem in grösserer Nähe der Oberfläche wegen ihres Entweichens in die Atmosphäre abnehmenden Gehalte an  $\text{CO}_2$  das spec. Gewicht der oberen Flüssigkeitsschichten geringer sein als in der Tiefe, so dass eine Senkung der oberflächlichen Schichten nicht stattfinden konnte.

Bei dem zweiten Versuche wurde  $1\frac{1}{2}$  Stunden im Sieden erhaltenes Wasser in verschlossener Flasche erkalten gelassen, dann Sauerstoff (comprimirtes Gas aus der Fabrik von Elkkan, Berlin, mit 6 Vol. p. C. Stickstoffgehalt) mehrere Stunden lang in langsamem Strome durchgeleitet; dann das Wasser mit geringem Ueberdruck von Sauerstoff in das Rohr A übergefüllt,  $\frac{1}{2}$  bis 1 Liter oben ablaufen lassen, dann das Rohr A unten und oben geschlossen gegen 24 Stunden stehen gelassen. Am 20. December Morgens 9 bis 10 Uhr wird oben die Klemme am Rohr A geöffnet, so dass die atm. Luft freien Zutritt erhält, unten werden vorsichtig mittelst Quecksilber ohne Zutritt von atm. Luft 2 Kochröhren vom Inhalt des Rohres A abgefüllt und alsbald ausgekocht und ausgepumpt. Während der folgenden Tage vom 20. December Morgens  $9\frac{1}{2}$  Uhr ab erhielt sich die Temperatur in dem Raume, in welchem das Rohr angebracht war, längere Zeit auf  $9^{\circ}$ — $8,1^{\circ}$ , sank dann gleichmässig bei zum Theil starker Kälte in freier Luft und erhielt sich die letzten 2 Tage auf ungefähr  $3^{\circ}$ . Der Barometerstand von 742.8 mm. beim Beginn des Versuchs stieg bald auf 760, erhielt sich über eine Woche auf 760—767,3 mm., sank gegen das Ende hin wieder schliesslich auf 744,8 mm.

Am 6. Januar Morgens 9 Uhr 35 Min. wurden 4 Kochröhren mittelst Quecksilber ohne Zutritt der atm. Luft von Rohr A unten abgefüllt, ausgekocht und mit der Quecksilberpumpe ausgepumpt.

Am Anfang des Versuchs hatte das Wasser im Rohr A im Liter berechnet für  $0^{\circ}$  und 760 mm. Druck enthalten:

O<sub>2</sub> 31,445 cbem.

N<sub>2</sub> 1,360 »

Am Ende des Versuchs nach 17tägigem Stehen bei oben offenem Zutritt der atm. Luft enthielt 1 Liter Wasser berechnet für  $0^{\circ}$  760 mm. Druck:

unterste Schicht	1.	Kochröhre	O <sub>2</sub>	29,569	und	N <sub>2</sub>	2,085	cbem.
zweite darüber	2.	»	»	29,599	»	»	1,986	»
dritte	3.	»	»	29,628	»	»	2,213	»
vierte	4.	»	»	27,415	»	»	3,469	»

Daneben wurden 0,406 bis 0,616 cbem CO<sub>2</sub> in der Röhre für 1 Liter Wasser berechnet für  $0^{\circ}$  und 760 mm. Dr. gefunden.

Für den dritten Versuch wurde das destillierte Wasser nach  $1\frac{1}{2}$  stündigem starken Sieden und nachherigem Erkalten in geschlossener Flasche bis  $20^\circ$  bei langsamem Durchleiten des Gases mit Stickstoff gesättigt. Das hierzu erforderliche Gas war dargestellt aus Kaliumnitrit 34 gr. und Ammoniaksulfat 26 gr. mit Zusatz von Kaliumbichromat zur Lösung bis zum deutlichen Beginn der Orangefärbung der Mischung und Erhitzen in Kolben auf dem Wasserbade. Die Entwicklung erfolgte bei nicht zu schnellem Erhitzen und nicht zu grossem Ueberschuss von Kaliumbichromat ruhig und doch schnell genug, lieferte circa  $4\frac{1}{2}$ —5 Liter Gas. Es wurden 50—60 Liter Stickstoff dargestellt, welche neben 100 Vol.  $N_2$  enthielten 3,882 Vol.  $O_2$ . Nachdem das Rohr A mit dem bis  $20^\circ$  erkalteten, bei dieser Temperatur mit  $N_2$ -Gas gesättigten, dann in verschlossener Flasche weiter erkalteten Wasser gefüllt und  $\frac{1}{2}$  bis 1 Liter davon oben übergelaufen war, wurde unten und oben mit Klemme geschlossen und bis zum folgenden Tage stehen gelassen. Nach Oeffnung der oberen Klemme wurden unten über Quecksilber 2 Kochröhren abgefüllt, ohne Zutritt von atm. Luft, die Gase aus denselben durch Auskochen und Auspumpen gewonnen und analysirt. Das Rohr A stand dann unten geschlossen, oben offen vom 4. bis zum 24. Februar Morgens 9 Uhr 34 Min. Es wurden dann 4 Kochröhren mittelst Quecksilber ohne Luftzutritt unten abgefüllt, ausgekocht und ausgepumpt und die Gase analysirt. Während der 20 Tage, welche das Rohr A grösstentheils gefüllt mit dem bei circa  $20^\circ$  mit Stickstoff gesättigten Wasser bei freiem Zutritt der atm. Luft gestanden hat, ist die Temperatur des Raumes von  $9^\circ$  gestiegen allmählig auf  $10,7^\circ$ , dann langsam gesunken bis  $7,2^\circ$ , am Ende  $7,6^\circ$ . Das Barometer im Anfang 764,8 mm. Druck zeigend ist allmählig auf 745 mm. gefallen, dann gestiegen bis 761,5 mm. und gegen Ende des Versuchs gefallen bis 748,0 mm.

Bei Beginn des Versuches waren in 1 Liter Wasser im Rohr A gefunden:

ein Gehalt von  $O_2$  1,210 cbcm. berechnet für  $0^\circ$  760 mm. Druck.

» » »  $N_2$  15,251 » » » » » » » » »

Am Ende des Versuches wurden gefunden für 1 Liter Wasser (berechnet für 0° 760 mm. Druck) in der

		O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
untersten Schicht (1. Kochrohr)		3,820 ebem.,	15,780 ebem.,
zweiten	» (2. » )	3,844 »	15,912 »
dritten	» (3. » )	3,8996 »	15,458 »
vierten	» (4. » )	4,230 »	15,821 »

Daneben für 1 Liter Wasser 0,617 bis 1,186 ebem. CO<sub>2</sub>.

Die Erwägungen, welche zur Anordnung des Versuches in der beschriebenen Weise geführt hatten, entsprachen der Absicht, eine Flüssigkeit herzustellen, in welcher der Gehalt an Stickstoffgas ungefähr demjenigen gleich war, wie er bei der herrschenden Temperatur und Barometerstand beim anhaltenden Schütteln mit atmosphärischer Luft erhalten wird, während zugleich das Volumen des absorbirten Sauerstoffs möglichst gering blieb und andere Gase fehlten. Es konnte dies auf verschiedenem Wege erreicht werden; scheinbar am Einfachsten durch eine Mischung von 79 Vol. mit N<sub>2</sub> bei dem betreffenden Barometerstand und der gewählten Temperatur gesättigten Wasser mit 21 Vol. ausgekochten, gasfreien Wasser derselben Temperatur. So einfach die Ausführung dieser Aufgabe auf den ersten Blick zu sein scheint, zeigen sich doch bei näherer Ueberlegung ernste Schwierigkeiten in der praktischen Ausführung. Ich zog daher einen noch einfacheren Weg vor. Nach den Untersuchungen von Dittmar, Hamburg, Pettersson und Sonden absorbt Wasser bei 20° aus einer reinen Stickstoffatmosphäre von 760 mm. Druck soviel Stickstoff, als bei 7° bis 8° aus der Atmosphäre von diesem Gase neben Sauerstoff aufgenommen wird. Da ich nun glaubte darauf rechnen zu können, dass diese letztere Temperatur bei dem Versuche im betreffenden Kellerraume des physiologisch-chemischen Instituts zu Gebote stehen würde, habe ich das ausgekochte Wasser bei der Temperatur von 20° mit Stickstoff gesättigt. Das eingeleitete Stickstoffgas enthielt, wie angegeben ist, ein wenig Sauerstoffgas, dies konnte aber in sofern nur günstig sein, als hierdurch eine Uebersättigung mit Stickstoffgas vermieden wurde, die ohne diesen Sauerstoffgehalt beim Durchleiten von Stickstoff leicht hätte eintreten

können. Wie die Ergebnisse des Versuches bewiesen, ist während der 20tägigen Einwirkung der atm. Luft an der Oberfläche des Wassers noch ein wenig Stickstoff aufgenommen, während zugleich viel reichlicher die Sauerstoffaufnahme erfolgt ist. Der Sauerstoff der Luft hat fast mit seinem vollen

Atmosphärendruck  $o = \frac{21 (b - d)^1}{100}$  in das Wasser ein-

dringen können, während der Stickstoffgasdruck im Wasser nahezu dem der auf das Wasser einwirkenden atm. Luft

$n = \frac{79 (b - d)^1}{100}$  entsprochen hat, so dass Stickstoffgas im

Wesentlichen weder ein- noch ausgetreten ist.

Hätte der Versuch so lange fortgesetzt werden können, bis die Bewegung des Sauerstoffs aus der obersten Wasserschicht in die tieferen Schichten aufhörte, so würde das Wasser neben den 15 cbcm.  $N_2$  im Liter noch ungefähr 8 cbcm. Sauerstoff enthalten haben. Hierzu haben 20 Tage nicht hingereicht, nur die Hälfte dieser Quantität Sauerstoff findet sich in der obersten der untersuchten Wasserschichten, welche durch Kochröhren unten aus Rohr A am Ende des Versuches entzogen sind.

Sehr bestimmt erkennt man in diesem Versuche das Vordringen des Sauerstoffs aus der atm. Luft allmähig abwärts in die tieferen Schichten des Wassers. Es hatten aufgenommen nach 20tägiger Diffusion:

Die unterste Schicht . . .	2,6099	cbcm.	für 1 Liter Wasser,
» » » darüber .	2,6335	» » » »	»
» » » » .	2,6893	» » » »	»
» » » » .	3,0195	» » » »	»

Der Sauerstoffgehalt in den darüber befindlichen Schichten wird noch weiter und weiter angestiegen sein; er wurde nicht untersucht, weil je weiter das Wasser im Rohr A beim Abfüllen sinkt, Störungen durch schraubenförmige Bewegungen

<sup>1)</sup>  $o$  = Sauerstoffpartialdruck;  $n$  = Stickstoffpartialdruck;  $b$  = Barometerstand;  $d$  = Tension des Wasserdampfes für die herrschende Temperatur. Die Luft an der Wasseroberfläche ist natürlich stets mit Wasserdampf gesättigt.



des Wassers sich mehr und mehr einstellen können. Jedenfalls spricht das erhaltene Resultat sehr entschieden gegen eine Mischung und Hinabsenkung oberflächlicher spec. schwererer mit Sauerstoff beladener Schichten.

Auch im zweiten Versuche, in dem das Wasser mit  $O_2$  gesättigt der atm. Luft dargeboten war, erwies sich die Einwanderung des Stickstoffs sehr erkennbar geringer in den untersuchten unteren Portionen, als in den höher gelegenen Schichten. Es sind hier in 17 Tagen nach abwärts geflossen für je 1 Liter Lösung:

in der untersten Schicht . . . . .	0,725 ebem. $N_2$ -Gas.
in die nächsthöhere . . . . .	0,626
in die darüber . . . . .	0,853
in die höchstuntersuchte . . . . .	2,000

Der Sprung von 0,853 ebem. Stickstoff in der dritten, zu 2,0 ebem. in der vierten Schicht kann wohl zum Theil auf Störungen beim Ablassen der Portionen beruhen, obwohl die Abfüllung mit grosser Ruhe und ohne erkennbare störende Einwirkung ausgeführt ist.

Die letzten Versuche und ihre Ergebnisse führen zurück zu den Fragen, von denen diese ganzen Untersuchungen ausgegangen sind, und führen zugleich zu ihrer vorläufigen und beschränkten Beantwortung. Die letztere genügt mir für die Zwecke, welche ich beim Beginn der Versuche im Auge hatte. Ich habe jetzt nicht die Absicht, diese Versuche fortzusetzen: sie ergaben die ersten Anhaltspunkte auf einem noch unerforschten Gebiete, die weitere Untersuchung bedarf feinerer und leichter zu handhabender Mittel der Bestimmung des Gehaltes an den einzelnen Gasen in den Flüssigkeiten, als die hier angewendeten, mühsamen und unbeholfenen quantitativen Gewinnungsmethoden der Gasquantitäten aus den Flüssigkeiten und ihrer Analysen. Man hat wohl versucht, über das Vorschreiten des Sauerstoffs in Flüssigkeiten durch Farbenreactionen leichter zu beobachtende Ausweise zu erhalten; dieselben sind ganz unbrauchbar, weil sie Sauer-

stoff verbrauchen. Ich habe früher und wohl zuerst mich des Blutfarbstoffes und der Indigoweissulfonsäure bedient, aber mit dem Bewusstsein, dass an quantitative Bestimmung hierbei nicht zu denken ist. Die neuere Physik besitzt Mittel und Wege genug, von denen man hoffen darf, dass ihre Anwendung zum Zweck der Messung des Fortschreitens der Bewegung der Gasmoleculen in den sie absorbirenden Flüssigkeiten genauere Resultate zu fördern und insbesondere klar zu legen im Stande sein wird, ob diese Verbreitung der Gastheilchen in einem einfachen formulirten Ausdruck hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Tension der Gase, Absorptionscoefficienten, Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen etc. dargestellt werden kann.

Es mag hier noch bemerkt werden, dass bei den beschriebenen Versuchen im Beginn das Rohr A mit dem Wasser ganz gefüllt war und 3780 cbcm. davon enthielt. Es wurden zunächst nach dem Oeffnen der Klemme am oberen Ansatzröhrchen und Zutritt der atm. Luft bei den letzten beiden Versuchen 2 Kochröhren vom Inhalt unten abgefüllt im Betrage von 889,483 cbcm. Wasser. Es blieben also 2890,5 cbcm. Wasser im Rohr A zurück, welches an einer Oberfläche von 33,17 qcm. der atm. Luft während der angegebenen Versuchsdauer ausgesetzt blieb. Am Ende der Versuche wurden 4 Kochröhren nach einander unten von Rohr A abgefüllt, die erste von 453,092 cbcm., die zweite von 436,391 cbcm., die dritte von 409,208 cbcm., die vierte von 444,850 cbcm. Inhalt. Es blieben dann im Rohr A noch 1146,976 cbcm. Wasser zurück, welches auf den Gasgehalt nicht untersucht wurde. Am Ende des dritten Versuchs, also nach 20tägiger Einwirkung der atm. Luft, hatten von der Oberfläche her einen Weg von 333 mm. abwärts zurückgelegt 4,7750 cbcm.  $O_2$ , von dieser Gasmasse waren 3,432 cbcm. weiter eingedrungen über 462 mm. Entfernung von der Oberfläche hinaus; von dieser Quantität Sauerstoff waren 2,33 cbcm. über 570 mm. hinausgewandert und von dieser Gasquantität waren 1,183 cbcm.  $O_2$  in den untersten Raum, welcher 708 bis 840 mm. von der Oberfläche entfernt

war. eingetreten. Alle die Gasmengen sind für 0° und 760 mm. Druck berechnet.

So wie hier die Geschwindigkeit der Einwanderung der Gastheilehen in das Wasser eine sehr langsame ist, zeigt sich auch die gleiche Erscheinung im zweiten Versuche hinsichtlich der Auswanderung der Sauerstoffgasmolecule aus dem Wasser in die Atmosphäre, in welcher die Sauerstofftension nur ungefähr  $\frac{1}{5}$  derjenigen Spannung beträgt, welche das im Wasser absorbirte Sauerstoffgas am Anfang des Versuchs besessen hat.

Die Tiefen der Seen und Meere würden ein reiches Thierleben nicht beherbergen und die Organismen, auch die nicht im Wasser lebenden, würden nicht existieren können, wenn die Diffusion des Sauerstoffs in ruhender Flüssigkeit allein das Gas ihnen zuführen sollte. Alle die mannigfaltigen Bewegungen der Respirations- und Circulationsapparate dienen zwar vielfach zugleich anderen Functionen, in erster Linie aber der gleichmässigen und reichlichen Zufuhr des unentbehrlichen Sauerstoffgases in dem umgebenden Wasser, sowie in den Körperflüssigkeiten. Eine besonders wirksame Einwirkung scheinen gerade in dieser Beziehung die rothen Blutkörperchen bei der Blutcirculation zu haben, indem sie nicht allein viel  $O_2$  enthalten und leicht abgeben, sondern bei ihrer wirbelnden Bewegung auch in dem Plasma des Blutes die Diffusion und Uebertragung des  $O_2$  und der  $CO_2$  veranlassen. Es ist hier nicht der Platz, auf diese Beziehungen näher einzugehen.