

# Beiträge zur Kenntnis des Gaswechsels der Meeresalgen.

Von

**Richard Harder.**

---

Die Atmung der Meeresalgen ist bisher nur selten einer Untersuchung unterzogen worden. Genaue Studien fehlen mit Ausnahme einer Arbeit Knieps vollkommen, die Angaben in der Literatur beziehen sich fast stets auf gelegentliche Beobachtungen.

Auch die im folgenden mitgeteilten Untersuchungen sind noch nicht in allen Punkten gründlich durchgeführt. Besonders die Beziehung zwischen Atmung und Assimilation bedarf noch weiterer Erforschung. Durch den Eintritt der kriegerischen Ereignisse im Sommer 1914 wurde ich an ihrer Durcharbeitung verhindert. Ich hoffe jedoch später noch wieder darauf zurückkommen zu können.

Die Mitteilung meiner bisher gemachten Beobachtungen scheint mir jedoch nicht überflüssig zu sein, da eine Kenntnis der Atmung der in Form und Farbe so mannigfaltigen Meeresalgen an sich schon interessant ist.

Die ältesten Untersuchungen über die Atmung der Meeresalgen wurden von Garreau im Jahre 1851 mit *Chara*, *Nitella* und *Conferva rivularis* gemacht. Garreau fand im Dunkeln bei 18° C und 18stündiger Versuchsdauer, daß je 100 g *Chara vulgaris* 27,5 cem CO<sub>2</sub>, *Nitella flexilis* 29 cem CO<sub>2</sub> und *Conferva rivularis* Spuren CO<sub>2</sub> abgaben. Garreau fand damit schon die von allen späteren Autoren stets wieder beobachtete außerordentliche Niedrigkeit des Gasaustausches der Meeresalgen.

Die ersten Atmungsversuche mit Rotalgen (*Rodymenia palmata* und *Lomentaria articulata*) machte mehr als ein Jahrzehnt später Rosanoff. Seine Angaben sind ohne großen Wert.

Genanere quantitative Untersuchungen wurden erst von Bonnier und Mangin ausgeführt. Wie ihre Vorgänger arbeiteten

sie in dampfgesättigter Luft. Sie ließen *Fucus (Pelvetia) canaliculatus* unter einer Glasglocke eine bestimmte Zeitlang atmen und fanden durch Analyse der Luft unter der Glocke vor und nach dem Versuch den Atmungskoeffizienten 0,5. Bei nicht ganz sechsstündiger Versuchsdauer bei 14° bis 15° C wurden pro g Frischgewicht und Minute 0,006 ccm CO<sub>2</sub> und 0,012 ccm O<sub>2</sub> aufgenommen.

Die Anwendung des feuchten Raumes statt des Seewassers für die Atmungsversuche mit Algen ist natürlich nicht das Richtige. Für feinere büschelförmige Arten schon darum, weil die zum Teil recht empfindlichen Algen sich dabei unter zu abnormen Bedingungen befinden. Aber auch die derben, in der Natur im Gezeitenwechsel zeitweise trocken liegenden Formen geben bei Untersuchung ihres Gaswechsels in Luft kein richtiges Bild desselben. Darauf weist Kniep hin. Er nimmt mit Recht an, daß nicht alle von der Pflanze produzierte Kohlensäure in die Luft gelangt, sondern daß ein Teil von dem Imbibitionswasser der Membranen zurückgehalten wird, solange die Alge nicht von Wasser umgeben ist. Der Koeffizient  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  muß danach in der Luft kleiner ausfallen als im Seewasser.

Im dampfgesättigten Raum wurden auch Versuche über die Atmung von Meeralgeln von Kolkwitz und Kylin (1) gemacht.

Kolkwitz ließ bei Zimmertemperatur *Furcellaria fastigiata* und *Chondrus crispus* in kohlenstofffreier Luft atmen und bestimmte die CO<sub>2</sub>-Abgabe nach der Pettenkoferschen Methode. 25 g Frischgewicht *Chondrus* gaben in 2 Stunden 8—10 mg CO<sub>2</sub> ab, grüne Exemplare, die nach Kolkwitz mehr an der Oberfläche wachsen als die roten und infolge des stärkeren Lichtgenusses mehr Stärke bilden können, obgleich sie schwächer assimilieren als die roten, bildeten einige mg CO<sub>2</sub> mehr; *Zostera marina* atmete etwa doppelt so stark wie *Chondrus*.

Kylin bediente sich zu seinen Versuchen des Thunberg-Wintersteinschen Mikrorespirometers mit den von Widmark an dem ursprünglichen Wintersteinschen Modell vorgenommenen Veränderungen. Kylin erhielt folgende Atmungskoeffizienten: *Fucus vesiculosus* 0,78, *Fucus serratus* 0,74, *Ascophyllum nodosum* 0,80 und *Chondrus crispus* 0,81. Auf weitere Einzelheiten seiner Untersuchungen komme ich weiter unten noch zu sprechen. Die tiefer als 1 liegenden Koeffizienten  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  schreibt er den sauer-

stoffarmen Reservesubstanzen der Fucoideen zu — eine Erklärung, die für *Chondrus* nicht anwendbar ist.

Atmungsversuche in Meerwasser wurden bisher nur von Hedvig Lovén und Kniep ausgeführt.

Lovén machte eine nicht unerhebliche Anzahl von Versuchen mit einer größeren Zahl verschiedener Grün-, Rot- und Braunalgen. Sie brachte die Versuchsalgen in ein mit Wasser ganz gefülltes, luftdicht verschlossenes Gefäß, dessen CO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Gehalt vor Beginn und nach Ende des Versuches bestimmt wurde. Sowohl Kylin wie Kniep weisen auf die Fehler ihrer Methode hin. Dahin ist in erster Linie zu lange Ausdehnung der Versuche zu rechnen, wobei aller Sauerstoff im Wasser völlig verbraucht wurde und intramolekulare Atmung eintrat. Es scheinen sich aber auch noch anderweitige Fehler eingeschlichen zu haben, denn die Ergebnisse sind so stark schwankend, daß wir die Ursachen dafür nicht nur in dieser Richtung suchen können. Der Atmungskoeffizient  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  verhielt sich, um ein Beispiel herauszugreifen, für *Ascophyllum nodosum* folgendermaßen: 102,2 g, 6 Stunden,  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  3,07; 223,15 g. 6<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Stunden,  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  0,71; 69,5 g, 84 Stunden,  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  22,13; die Versuchswassermenge betrug in allen drei Fällen 18,5 l.

Im Prinzip die gleiche Methodik verwendet Kniep, jedoch wurden die Zeiten gegenüber den Lovénschen verkürzt. Die CO<sub>2</sub>-Bestimmung nahm Kniep nach der Methode Tornøes vor, die O<sub>2</sub>-Analyse nach Winkler. Gegenüber den bisher immer angewendeten Beziehungen auf das Frischgewicht macht Kniep Trockengewichtsbestimmungen seiner Versuchspflanzen, so daß eine exaktere Beziehung der Atmung zur tatsächlichen Substanz der Alge hergestellt wurde.

Die Atmungsgröße folgender Algen wurde bestimmt: *Ulva Lactuca*, *Ulva Linza*, *Laminaria saccharina*, *Fucus serratus*, *Porphyra laciniata*, *Chondrus crispus* (Oberflächen- und Tiefenform), *Furcellaria fastigiata*, *Polyides rotundus*, *Plocamium coccineum*, *Gigartina Teedii*. Die grünen Flächenalgen atmeten am stärksten, unter Umständen zehn Mal so stark als die derben Formen der Braun- und Rotalgen. *Porphyra* und die feimbüscheligen Formen hielten sich etwa in der Mitte zwischen den beiden Extremen.

Atmungskoeffizienten wurden von *Fucus serratus* als 1,001, 0,975, 1,06, 1,012, 0,881, von *Ulva* als 0,946 und von *Gigartina* als 0,946 bestimmt. Der Koeffizient  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  liegt also um 1.

Sehr interessant sind Knieps Versuche über die Wirkung der Dunkelheit und der Temperatur. Mehrere Monate verdunkelte *Fucus Thalli* atmeten noch nach dieser Zeit in allerdings etwas abgeschwächtem Maße. Bei Temperaturerniedrigung fand bei *Fucus* eine starke Verminderung der Atmung statt, die Assimilationsintensität dagegen war bei weitem nicht in demselben Maße herabgesetzt, was in ökologischer Beziehung von Bedeutung ist. Darauf und auf weitere Einzelheiten der Kniepschen Arbeit werde ich später noch eingehen.

### Methodik.

Die Untersuchungen über den Gasaustausch der Meeresalgen wurden mit wenigen Ausnahmen im Frühjahr angestellt, zur Zeit, als sich die Algen im intensivsten Wachstum befanden. Alle verwendeten Pflanzen waren nicht ausgewachsen, zum Teil hatten sie erst weniger als die Hälfte ihrer endgültigen Länge erreicht. Wo die Vermutung bestand, daß auch ältere Exemplare mit zu den Versuchen verwendet wurden, ist das im Protokoll vermerkt. Ich benutzte nur frisch gedredgte oder bei Ebbe auf den Helgoländer Klippen frisch gepflückte Algen. Beim Transport wurden Berührung mit Metall, Erwärmung durch Sonne, dichte Lagerung und ähnliche schädliche Faktoren vermieden. Es wurden nur tadellose Exemplare verwendet, die mikroskopisch auf das Vorhandensein von Diatomeen oder anderer Epiphyten beziehungsweise Parasiten untersucht wurden. Ältere Pflanzenteile wurden nicht benutzt, sondern von den jungen Teilen abgetrennt. Das geschah durch Abknipsen mit den Fingernägeln, wodurch die nach Oltmanns sehr schädliche Berührung mit Metall vermieden wurde. Dadurch entstand natürlich ein Wundreiz, der den Gasaustausch beeinflussen konnte. Genaue Untersuchungen zeigten, daß die Wirkung von Verwundungen auf die Atmung der Algen nur von untergeordneter Bedeutung ist. Da außerdem die Wundfläche in fast allen Fällen im Vergleich zur Gesamtmasse der Alge sehr gering war, konnte diese Fehlerquelle vernachlässigt werden. Die Abtrennung der zur Atmung zu verwendenden Teile geschah zudem schon einen Tag

vor dem Versuch, so daß die Reizung mindestens größtenteils ausklingen konnte.

Bei allen Versuchen, bei denen die Temperatur des Versuchswassers höher war als die des Standortwassers, wurden die Algen meistens 1 Tag oder länger vorher ins Institut gebracht, um sie allmählich auf die Versuchstemperatur zu bringen. Diese Vorsichtsmaßregel schien notwendig, weil in anderen Fällen, z. B. von Iraklionow beobachtet worden ist, daß eine plötzliche Temperaturerhöhung eine explosionsartige Verstärkung der Atmung bewirkte.

Die Algen wurden in kühlen, gleichmäßig temperierten, gas- und rauchfreien Räumen in flachen Glasaquarien mit frischem Seewasser in gedämpftem Oberlicht aufbewahrt. Derbe Algen wie *Fucus*, *Ascophyllum* und ähnliche hielt ich in feuchter Luft.

Das Versuchswasser wurde in der offenen See in großer Entfernung von der Insel Helgoland resp. vom Kieler Hafen ohne Berührung mit Metall geschöpft. Sobald es an Land kam, wurde es durch sehr feinporige, gehärtete Papierfilter filtriert, um möglichst alle Planktonorganismen daraus zu entfernen. Dann wurde es in dunklen, 50—100 l fassenden Ballons mehrere Tage bei Luftzutritt im Versuchsraum stehen gelassen, ehe es verwendet wurde.

Alle Atmungsversuche wurden in 500 ccm fassenden weithalsigen Flaschen aus schwarzbraunem, zum Teil außen schwarz lackiertem Glas gemacht. Die Flaschen wurden nach Einbringen des Wassers und der Alge sofort durch eingeschliffene Stöpsel luftdicht verschlossen und dunkel gestellt. Natürlich wurde darauf geachtet, daß keine Luftblasen eingeschlossen wurden. Während des Versuches wurde der Inhalt der Flaschen wiederholt durchgeschüttelt, um lokale Unterschiede in der Gasverteilung im Wasser, die durch die Atmung entstehen müssen, zu vermeiden. Bei einigen sehr kleinen, rasch zu Boden sinkenden Formen wurden aus Glasstäben Stützetagen geschaffen zur besseren Verteilung der Algen.

Außer den Algen atmen natürlich bei der angewandten Methode auch die an den Algen stets vorhandenen Bakterien. Da es aber keine Möglichkeit gibt, sie zu entfernen, müssen wir diesen Fehler als unvermeidlich hinnehmen.

Die Assimilationsversuche wurden in derselben Weise, jedoch in weißen Flaschen oder viereckigen, durch aufgeschliffene Platten dicht verschließbaren Kuvetten gemacht. Als Lichtquelle benutzte ich elektrisches oder Gaslicht.

Bei der Untersuchung der Einwirkung der Temperatur auf die Atmung und Assimilation wurden die Algen in Wasser gebracht, das in großen Gefäßen durch Umgeben mit Kältemischung auf die gewünschte Temperatur vorgekühlt worden war. Während der Versuche wäre eine erhebliche Temperatursteigerung eingetreten, wenn die Assimilations- bzw. Atmungsgefäße an der Luft gestanden hätten. Sie wurden darum in größere Gefäße mit Wasser gestellt, in denen durch Zugabe von Eisstücken oder Kältemischungen die gewünschte Temperatur herrschte. Dieses Wasser und das umgebende Gefäß absorbierten natürlich Licht, darum wurden auch alle Versuche bei höherer Temperatur unter ganz gleichen Außenbedingungen gemacht, nur wurde natürlich kein Eiswasser verwendet.

Die feineren, wattenbildenden Algen wurden zur Assimilation als Bäusche in die Flaschen gesteckt, flächenförmige dagegen auf Glasgitter vorsichtig lose aufgebunden, um eine gleichmäßige Lichtausnutzung durch alle Exemplare zu erreichen. Die Wassermenge, welche die Gefäße füllte, war für jede Flasche genau bestimmt. Sie wurde bei der Berechnung der Analyse berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurde dagegen das Volumen der zum Versuch verwendeten Algen und die mit ihrem Einbringen in die Versuchsfaschen bedingte Verringerung der Wassermenge. Die bei den Versuchen in Rechnung gezogenen Wassermengen sind also in allen Fällen etwas zu groß. Der dadurch entstehende Fehler ist bei der stets relativ geringen Algenmenge jedoch wohl zu vernachlässigen.

Für Atmungsversuche konnte das filtrierte Seewasser direkt verwendet werden, für Assimilationsuntersuchungen war der Sauerstoffgehalt jedoch zu groß. Es traten in dem Wasser schon nach kurzer Assimilationszeit  $O_2$ -Blasen auf. Ich brachte das für diese Versuche zu verwendende Wasser deshalb in große Flaschen aus dunklem Glas und hing Büschel von *Fucus* hinein. Infolge Lichtmangels assimilierte *Fucus* darin nicht, veratmete jedoch einen großen Teil des vorhandenen Sauerstoffs und reicherte das Wasser gleichzeitig mit  $CO_2$  an. Vor Benutzung zum Versuch wurde das Wasser filtriert. In anderen Fällen wurde das Wasser durch Auskochen gasfrei gemacht und dann durch Einleiten von Kohlensäure wieder mit genügenden Mengen letzteren Gases versehen.

Der Gaswechsel wurde durch Analyse des Versuchswassers vor und nach dem Versuch gemessen. Nur in wenigen Fällen

machte ich  $\text{CO}_2$ -Bestimmungen, meistens begnügte ich mich mit der weit einfacheren Methode der  $\text{O}_2$ -Bestimmung.

Zur Sauerstoffanalyse benutzte ich die Methode von Winkler. Genauere Angaben darüber findet man in Abderhaldens Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden oder in Treadwells Lehrbuch der analytischen Chemie. An dieser Stelle soll nur kurz das Prinzip der Methode in Erinnerung gerufen werden: das zu untersuchende Wasser wird in einer Flasche mit  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$  und  $\text{KJ}$  versetzt. Dabei entsteht Manganhydroxyd, das allen in Wasser gelösten Sauerstoff an sich reißt und sich in  $\text{H}_2\text{MnO}_3$  umwandelt. Das Gefäß muß natürlich luftdicht verschlossen sein, weil sonst weitere Oxydation durch Luftsauerstoff stattfindet. Wird nun Salzsäure dazu gebracht, so bildet sich aus der manganigen Säure  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{Cl}_2$ . Das freiwerdende Chlor bildet mit dem Jodkalium Chlorkalium und Jod wird frei. Durch Titration des  $\text{J}$  mit  $\frac{n}{100}$  Natriumthiosulfatlösung (Indikator Stärke) läßt sich die ursprünglich im Wasser vorhanden gewesene Sauerstoffmenge leicht ermitteln.

Zur Kohlensäurebestimmung benutzte ich die von Henze in Abderhaldens Handbuch empfohlene Methode. Das Versuchswasser wird danach unter Luftabschluß ausgekocht bei Anwesenheit von etwas verdünnter Schwefelsäure und einem Stückchen Aluminiumdraht. Durch die kochende Flüssigkeit wird ein  $\text{CO}_2$ -freier Gasstrom geleitet, der die aus dem Wasser austretende Kohlensäure mit sich reißt und bei Durchleiten durch Pettenkoffersche Röhren mit Barytwasser wieder abgibt. Durch Titration mit  $\frac{n}{10}$   $\text{HCl}$  (Phenolphthaleïn als Indikator) läßt sich die Gesamtkohlensäure des Wassers bestimmen.

Es bedarf wohl kaum einer Erwähnung, daß bei allen Analysen nur chemisch reine Reagentien verwendet und mit der größten Sorgfalt gearbeitet wurde.

### Allgemeine Atmungsergebnisse.

Die genauen Ergebnisse der einzelnen Versuche sind in den Anhangstabellen wiedergegeben.

Eine übersichtliche Anordnung der beobachteten Durchschnittswerte der Atmung ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Durchschnittsatmungsintensität der 43 untersuchten Meeralgcn schwankt unter gleichen Außenbedingungen zwischen den

Tabelle 1.

## Durchschnittswerte der Atmung der untersuchten Meeresalgen.

| Alge   | Farbe | Form             | Wachstumsort                       | ccm O <sub>2</sub> -Verbrauch pro Gramm Trocken-<br>gewicht und<br>Minute |
|--|-------|------------------|------------------------------------|---|
| <i>Scytosiphon lomentarius</i> . . .                       | braun | hohle Riemen     | flaches Wasser                     | 0,04900   |
| <i>Phyllitis fascia</i> . . . . .                          | braun | Fläche           | Wassergrenze bis<br>flaches Wasser | 0,03813   |
| <i>Pogotrichum filiformis</i> . . .                        | braun | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,03467   |
| <i>Desmarestia viridis</i> . . . . .                       | braun | derbe Büschel    | tiefere Wasser                     | 0,02776   |
| <i>Ulothrix flacca</i> . . . . .                           | grün  | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,02685   |
| <i>Rhodomela subfusca</i> . . . . .                        | rot   | Büschel          | flaches Wasser                     | 0,02683   |
| <i>Urospora penicillioidea</i> . . .                       | grün  | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,02671   |
| <i>Ulva Lactuca</i> . . . . .                              | grün  | Fläche           | Wassergrenze bis<br>flaches Wasser | 0,02533   |
| <i>Monostroma Grevillei</i> . . . . .                      | grün  | Fläche           | Wassergrenze bis<br>flaches Wasser | 0,02475   |
| <i>Chorda Filum</i> . . . . .                              | braun | hohle Riemen     | flaches Wasser                     | 0,02433   |
| <i>Dumontia filiformis</i> . . . . .                       | rot   | dünne Riemen     | flaches Wasser                     | 0,02334   |
| <i>Enteromorpha compressa</i> . . .                        | grün  | Röhre bis Fläche | Wassergrenze bis<br>flaches Wasser | 0,02333   |
| <i>Enteromorpha Linza</i> . . . . .                        | grün  | Fläche           | Wassergrenze bis<br>flaches Wasser | 0,02308   |
| <i>Ectocarpus siliculosus</i> . . . . .                    | braun | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,02307   |
| <i>Polysiphonia urecolata</i> . . . .                      | rot   | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,02162   |
| <i>Chordaria flagelliformis</i> . . .                      | braun | Riemen           | flaches Wasser                     | 0,02150   |
| <i>Desmarestia aculeata</i> . . . . .                      | braun | Büschel          | tiefere Wasser                     | 0,02076   |
| <i>Delesseria sanguinea</i> . . . . .                      | rot   | Fläche           | tiefere Wasser                     | 0,01792   |
| <i>Cladophora arcta</i> . . . . .                          | grün  | Büschel          | flaches Wasser                     | 0,01520   |
| <i>Laminaria phyllitis</i> <sup>1)</sup> . . . . .         | braun | Fläche           | flaches Wasser                     | 0,01512   |
| <i>Laminaria hyperborea</i> . . . . .                      | braun | derbe Fläche     | tiefere Wasser                     | 0,01440   |
| <i>Porphyra leucosticta</i> . . . . .                      | rot   | Fläche           | Wassergrenze                       | 0,01434   |
| <i>Cladophora sericea</i> . . . . .                        | grün  | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,01425   |
| <i>Laminaria saccharina</i> . . . . .                      | braun | derbe Fläche     | tiefere Wasser                     | 0,01333   |
| <i>Cladophora species</i> . . . . .                        | grün  | zarte Büschel    | flaches Wasser                     | 0,01235   |
| <i>Punctaria plantaginea</i> . . . . .                     | braun | Fläche           | flaches Wasser                     | 0,01225   |
| <i>Delesseria sinuosa</i> . . . . .                        | rot   | Fläche           | tiefere Wasser                     | 0,01111   |
| <i>Phyllophora Brodiaei</i> . . . . .                      | rot   | Fläche           | tiefere Wasser                     | 0,01115   |
| <i>Cystoclonium purpurascens</i> . .                       | rot   | derbe Büschel    | tiefere Wasser                     | 0,01082   |
| <i>Chorda tomentosa</i> . . . . .                          | braun | Riemen           | flaches Wasser                     | 0,01043   |
| <i>Ectocarpus tomentosus</i> . . . .                       | braun | Büschel          | flaches Wasser                     | 0,01006   |
| <i>Delesseria alata</i> . . . . .                          | rot   | Fläche           | flaches Wasser                     | 0,008572  |
| <i>Cladophora rupestris</i> . . . . .                      | grün  | derbe Büschel    | Wassergrenze                       | 0,008130  |
| <i>Plocamium coccineum</i> . . . . .                       | rot   | Büschel          | tiefere Wasser                     | 0,007725  |
| <i>Chondrus crispus</i> . . . . .                          | rot   | derbe Fläche     | flaches bis tiefere<br>Wasser      | 0,006402  |
| <i>Furcellaria fastigiata</i> . . . . .                    | rot   | Riemen           | tiefere Wasser                     | 0,006367  |
| <i>Polyides rotundus</i> . . . . .                         | rot   | Riemen           | tiefere Wasser                     | 0,006042  |
| <i>Fucus serratus</i> . . . . .                            | braun | derbe Fläche     | Wassergrenze                       | 0,005809  |
| <i>Fucus vesiculosus</i> . . . . .                         | braun | derbe Fläche     | Wassergrenze                       | 0,005717  |
| <i>Halidrys siliquosa</i> . . . . .                        | braun | derbe Riemen     | flaches bis tiefere<br>Wasser      | 0,005545  |
| <i>Laminaria digitata</i> . . . . .                        | braun | derbe Fläche     | tiefere Wasser                     | 0,003814  |
| <i>Fucus platycarpus</i> . . . . .<br>(aus der Spritzzone) | braun | derbe Fläche     | Wassergrenze                       | 0,003161  |
| <i>Ascophyllum nodosum</i> . . . . .                       | braun | derbe Riemen     | Wassergrenze                       | 0,002335  |

<sup>1)</sup> Als *Laminaria phyllitis* ist im folgenden immer der Jugendzustand von *Laminaria saccharina* bezeichnet (größte Länge 50 cm).

Werten 0,049 und 0,0023 cem O<sub>2</sub>-Verbrauch durch 1 g Trockensubstanz in 1 Minute. Die stärkste Atmung ist also mehr als zwanzigmal größer, als die schwächste. Hohe Atmungsintensitäten sind jedoch selten, nur bei drei Algen ist der Durchschnittswert höher als 0,03, bei 14 liegt er zwischen 0,03 und 0,02, bei ebenfalls 14 zwischen 0,02 und 0,01 und bei 12 unterhalb 0,01.

Für die Stärke der Atmung von großer Bedeutung ist der Habitus der betreffenden Alge. Derbe, fleischige Formen atmen schwächer als feinere Pflanzen. Die unterste Stufe nehmen daher *Ascophyllum*, *Halidrys*, *Fucus*-Arten und die ebenfalls oberflächenkleinen Rotalgen *Polyides* und *Furcellaria* ein.

Verfolgen wir unsere Tabelle weiter von unten nach oben, so sehen wir Algenformen folgen, bei denen der Habitus allein nicht maßgebend für die Intensität der Atmung sein kann. Als einen anderen Faktor müssen wir wohl die Wachstumsstärke ansehen. Je stärker das Wachstum einer Pflanze ist, desto stärker ist bekanntlich im allgemeinen auch ihre Atmung. Die in unserer Tabelle folgenden Pflanzen sind Algen, deren Wachstumsgeschwindigkeit wohl gering ist, denn sie erreichen alle nur eine Größe von wenigen Dezimetern. Trotz zarten Baues mit großer Oberfläche atmen sie daher nur schwach. Mit geringer Wachstumsgeschwindigkeit können wir die schwache Atmung von *Chondrus* (bei dem auch noch der derbe Bau mitwirkt), *Ectocarpus tomentosus*, *Phyllophora Brodiaei*, *Delesseria alata* und anderen erklären, weshalb aber Algen wie *Chorda tomentosa*, die 20 bis 100 cm lang wird und einen dichten Pelz von feinen Härchen besitzt, schwach atmen, ist nicht einzusehen.

Auch die sehr starke Atmung von *Scytosiphon*, *Phyllitis*, *Pogotrichum* ist nicht für eine allgemeine Regel verwendbar. Ich vermute, daß die eben genannten Algen sich in einem sehr starken Wachstumsstadium befanden und daher relativ stärker atmeten als die meisten anderen Algen. Das dürfte besonders für *Scytosiphon* zutreffen. Die Alge wird bis 60 cm lang, die jungen Exemplare, die ich benutzte, waren jedoch erst 5 bis 10 cm lang, also zweifellos in intensivem Wachstum begriffen. Möglich ist aber auch, daß die starke Atmung eine besondere Eigentümlichkeit der genannten Arten ist.

Wie Tabelle 1 zeigt, gibt der Standort der Meeresalgen keinen sicheren Aufschluß über die Atmungsintensität.

Eine Reihe von Algen sind unter der Standortsbezeichnung „Wassergrenze“ angeführt. Ich verstehe darunter alle Standorte, die bei normaler Ebbe trocken liegen. Eine exakte Grenze gegen das Vorkommen im flachen Wasser läßt sich hier nicht ziehen. Denn die Oberfläche liebenden Formen kommen sowohl an Brückenpfehlern, Mauern, Steinen wie auch an schwimmenden Gegenständen, wie Pontons, Seetonnen, Hummerkästen vor. Am ersten Standort liegen sie während der Ebbe trocken, am letzten nicht. Immerhin ist die Flora der beiden Standorte doch etwas verschieden; einige Algen wie *Porphyra*, *Fucus*-Arten und andere kommen meist an Orten vor, die zur Ebbezeit trocken liegen, während z. B. *Laminaria phyllitis* häufig die an der Wasseroberfläche schwimmenden Gegenstände bewächst. Als Algen des flachen Wassers bezeichne ich auch noch die Pflanzen, die bei gewöhnlichen Tiden nicht mehr auftauchen, dagegen bei Springtide und ebbeförderndem Wind trocken liegen.

Man könnte erwarten, daß diejenigen Algen, welche die Region der Gezeitengrenze besiedeln, also die halbe Zeit ihres Lebens direkt an der Luft liegen, auch ein starkes Sauerstoffbedürfnis hätten. Infolge der starken mechanischen Inanspruchnahme ihres Thallus ist dieser jedoch meistens sehr derb ausgebildet, die den Gasaustausch vermittelnde Oberfläche ist klein, und wir finden daher gerade einen Teil der am schwächsten atmenden Algen in dieser Zone. Das sind die Pflanzen, welche der Brandung besonders stark ausgesetzt sind (*Fucus* und ähnliche). An anderen Standorten, wo die Brandung weniger heftig ist, wachsen Algen mit nicht so derbem Bau (Ulven und ähnliche), ihre Atmung ist ihrer relativ größeren Oberfläche entsprechend größer, nimmt jedoch durchaus nicht die erste Stelle in bezug auf die Intensität ein. Die nur in tiefem Wasser vorkommende *Delesseria sanguinea* atmet z. B. stärker als die an der Gezeitengrenze lebende *Porphyra*. Ein besonders starkes Sauerstoffbedürfnis ist also bei den Oberflächenformen nicht vorhanden.

Die Beziehung der Algenoberfläche zur Atmung konnte bei den flächenförmigen Algen einer etwas näheren Prüfung unterzogen werden. Bei fast allen anderen Formen war es gänzlich unmöglich, eine genaue Oberflächenbestimmung zu machen. In der folgenden Tabelle 2 sind die Trockengewichte von je 100 qcm einer Anzahl Algen mit flächenförmigem Thallus zusammengestellt. Je geringer das Gewicht der Flächeneinheit ist, desto größer ist

die Oberfläche der Alge im Vergleich zu den inneren Zellmassen. Ich stellte mir die 100 qcm-Flächen auf folgende Weise her: Ein Quadrat von 10 cm Seitenlänge wurde auf Papier gezeichnet und diese Fläche mit der Alge ausgelegt. Verwendet wurden dazu dieselben Teile wie zu den Atmungsversuchen, also z. B. von *Fucus* nur die etwa 5 cm langen jungen Thallusenden, bei *Laminaria* dagegen die wachsenden basalen Teile nahe am Stiel.

Tabelle 2.

Beziehung zwischen Oberfläche und Atmung bei flächenförmigen Algen.

| Alge                              | O <sub>2</sub> -Verbrauch<br>durch<br>1 g Trocken-<br>gewicht in<br>1 Minute | Gramm<br>Trocken-<br>gewicht von<br>100 qcm<br>Frischfläche | Rang nach<br>dem Flächen-<br>gewicht | Rang nach<br>der Atmungs-<br>intensität |
|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|---|
| <i>Ulva Lactuca</i> . . . .       | 0,025  | 0,0890  | 6                                    | 1                                       |
| <i>Monostroma Grevillei</i> . .   | 0,024  | 0,0697  | 1                                    | 2                                       |
| <i>Enteromorpha compressa</i>     | 0,023  | 0,0817  | 3                                    | 3                                       |
| <i>Enteromorpha Linza</i> . .     | 0,023  | 0,1055  | 7                                    | 4                                       |
| <i>Delesseria sanguinea</i> . .   | 0,018  | 0,0849  | 4                                    | 5                                       |
| <i>Laminaria phyllitis</i> . .    | 0,015  | 0,1198<br>0,2666  | 9                                    | 6                                       |
| <i>Porphyra leucosticta</i> . .   | 0,014  | 0,0690<br>0,0754  | 2                                    | 7                                       |
| <i>Laminaria saccharina</i> . .   | 0,013  | 0,3993<br>0,4718  | 11                                   | 8                                       |
| <i>Punctaria</i> . . . . .        | 0,012  | 0,3046  | 10                                   | 9                                       |
| <i>Delesseria sinuosa</i> . . . . | 0,011  | 0,08750   | 5                                    | 10                                      |
| <i>Phyllophora</i> . . . . .      | 0,011  | 0,1538  | 8                                    | 11                                      |
| <i>Fucus platycarpus</i> . . . .  | 0,0095   | 0,7310<br>0,7434  | 14                                   | 12                                      |
| (aus der Spülzone)                |  |   |                                      |   |
| <i>Chondrus crispus</i> . . . .   | 0,006  | 0,4561  | 12                                   | 13                                      |
| <i>Fucus serratus</i> . . . . .   | 0,0058   | 0,8491<br>1,0015  | 15                                   | 14                                      |
| <i>Fucus vesiculosus</i> . . . .  | 0,0057   | 0,8907  | 16                                   | 15                                      |
| <i>Laminaria digitata</i> . . . . | 0,0038   | 0,6688<br>0,7464  | 13                                   | 16                                      |

Die Zusammenstellung in Tabelle 2 zeigt uns, daß die Algen, die eine große Oberfläche haben, auch stark atmen. Bei der Beurteilung dürfen wir uns nicht zu eng an die Zahlenwerte halten,

denn wie wir später noch sehen werden, ist die Atmung der Algen sehr starken Schwankungen unterworfen, so daß auch die  $O_2$ -Durchschnittswerte unserer Tabelle noch etwas unsicher sind. Die Atmungsintensität von *Monostroma*, *Enteromorpha*, *Delesseria sanguinea* steht in Einklang mit der Größe der Oberfläche dieser Algen. Im Vergleich zur Oberfläche zu hoch ist die Atmung von *Ulva*. Das Trockengewicht ist hierfür weniger ausschlaggebend, denn die Gewichte der die größte Fläche besitzenden ersten sechs Algen bewegen sich innerhalb sehr enger Grenzen (0,069 bis 0,089), dagegen sollte man erwarten, daß die zweischichtige *Ulva* schwächer atmet als die einschichtige *Monostroma*, während das Umgekehrte der Fall ist.

Auffallend ist auch die schwache Atmung von *Porphyra*. Nach dem Flächengewicht sollte die Alge nach Analogieschlüssen fast doppelt so stark atmen, als sie es wirklich tut. Den Grund dafür müssen wir vielleicht in einem relativ trägen Wachstum der Alge suchen. In später noch zu besprechenden Versuchen ließ ich junge Porphyren neben fast oder ganz ausgewachsenen atmen. Die Atmungsintensität war die gleiche. Da ich für alle Versuche bei allen Algen stets nur junge Pflanzen benutzte und diese fast immer stärker atmen als ältere, so muß für *Porphyra* im Vergleich mit anderen Algen ein verhältnismäßig zu niedriger Atmungswert resultieren. Der Atmungswert von *Delesseria sinuosa* ist ebenfalls niedriger, als aus dem Flächengewicht zu erwarten ist. Es handelt sich hier aber um Ostseepflanzen, während alle anderen Versuchspflanzen aus der Nordsee stammen; ein Vergleich ist deshalb nicht gut möglich. Die übrigen Algen fügen sich dem Schema ein bis auf *Chondrus* und die *Laminaria*-Arten. Bei *Chondrus* ist die Atmungstätigkeit sehr niedrig. Das kommt entschieden daher, daß die ausdauernde, kleine Pflanze nur sehr langsam wächst. Bei den Laminarien fällt der Unterschied in der Intensität der Atmung der verschiedenen Arten sehr auf. Daß die kleinen sehr stark wachsenden *Laminaria phyllitis*-Pflanzen lebhaft atmen, ist nicht verwunderlich, daß sich aber die derbe *Laminaria saccharina* und, wie Tabelle 1 zeigt, *L. hyperborea* anschließen, ist etwas überraschend. Wenn man die riesigen Dimensionen der Laminarien (mehrere Meter) berücksichtigt, so kann man allerdings verstehen, daß in ihrem basalen Teil ein sehr lebhaftes Wachstum und damit verbunden eine starke Atmung stattfindet. Unverständlich bleibt dann aber der sehr niedrige Atmungswert von *L. digitata*, der

trotz größerer Oberfläche hinter der Atmung von *Fucus serratus* und *F. vesiculosus* zurückbleibt.

Ordnen wir die erhaltenen Atmungswerte nach Farbe und Form und berechnen daraus die Durchschnittswerte, so kommen wir zu den Zahlen der Tabelle 3. Die Zahlen drücken die Kubikzentimeter O<sub>2</sub> aus, die von 1 g Trockengewicht in 1 Minute eingeatmet wurden.

Den höchsten Durchschnittswert der Atmung erreichen nach Tabelle 3 die riemenförmigen Braunalgen. Ausschlaggebend dafür ist die hohe Atmung von *Scytosiphon*. Da die Zahl der hierher gehörigen Algen sehr beschränkt ist, ist der gefundene Wert ohne große Bedeutung.

Anders ist es mit dem niedrigsten Durchschnittswert, den die derbthallösen Formen aufweisen. Er ist völlig sicherstehend. Rot- und Braunalgen ergeben ungefähr die gleiche Zahl.

Vergleichen wir die Büschel- und die Flächenform, so sehen wir, daß die büschelförmigen Algen infolge der gegenüber der Flächenform günstigeren Oberflächengestaltung insgesamt etwas stärker atmen als diese. Dieses Verhältnis besteht auch bei zwei der Untergruppen, den Braun- und den Rotalgen. Bei den Grünalgen atmen hingegen die flächenförmigen Algen stärker als die büscheligen.

Unter den drei großen Algengruppen haben die Grünalgen den höchsten Durchschnittswert. Das kommt daher, daß derbthallöse Formen nur bei den Rot- und Braunalgen vorkommen. Lassen wir die derben Formen beiseite, so erhalten wir als Durchschnittswert der Atmung für die Grünalgen 0,021, für Rotalgen 0,015, für Braunalgen den höchsten Wert 0,022. Grün- und Braunalgen haben also im Frühling ungefähr die gleiche Atmungsstärke, die Rotalgen atmen dagegen etwas schwächer.

Auf die Einzelheiten dieses Ergebnisses darf man nun aber nicht allzuviel Gewicht legen. Die Unterschiede sind gering und bei Wiederholung der Atmungsversuche zu anderen Jahreszeiten würden sich vielleicht andere Resultate ergeben.

Wir wollen uns nun einer etwas genaueren Betrachtung der Einzelwerte zuwenden. Das Verhalten der flächenförmigen Algen haben wir schon besprochen bis auf *Delesseria alata*, die in Tabelle 2 fehlt, weil ich keine Flächengewichtsbestimmung von der Alge gemacht habe. Die Alge atmet sehr schwach. Der Grund dafür ist wohl sehr langsames Wachstum zur Zeit der Beobachtung.

Tabelle 3.

| Farbe | Flächen  | Büschel                      | Riemen                                   | Derbe Formen |   |               |
|-------|--|------------------------------|--|--------------|---|---------------|
| Braun | <i>Phyllitis</i> . . . . .                           | 0,038                        | <i>Seytosiphon</i> . . . . .             | 0,049        | <i>Haldrys</i> . . . . .                | 0,011         |
|       | <i>Laminaria phyllitis</i> . . . . .                 | 0,015                        | <i>Chorda filum</i> . . . . .            | 0,024        | <i>Fucus serratus</i> . . . . .         | 0,0058        |
|       | " <i>hyperborea</i> . . . . .                        | 0,014                        | " <i>tomentosa</i> . . . . .             | 0,010        | " <i>vesiculosus</i> . . . . .          | 0,0057        |
|       | " <i>saccharina</i> . . . . .                        | 0,013                        | <i>Ectocarpus siliiculosus</i> . . . . . | 0,023        | " <i>platycarpus</i> . . . . .          | 0,0031        |
|       | <i>Punctaria</i> . . . . .                           | 0,012                        | " <i>tomentosus</i> . . . . .            | 0,010        | <i>Ascophyllum</i> . . . . .            | 0,0023        |
|       | Durchschnitt   | <b>0,016</b>                 | Durchschnitt                             | <b>0,023</b> | Durchschnitt                            | <b>0,0054</b> |
|       | Durchschnitt aller Braunalgen <b>0,018</b>           |                              |  |              |   |               |
| Rot   | <i>Delesseria sanguinea</i> . . . . .                | 0,018                        | <i>Rhodonela subfusca</i> . . . . .      | 0,027        | <i>Chondrus crispus</i> . . . . .       | 0,0064        |
|       | <i>Porphyra</i> . . . . .                            | 0,014                        | <i>Dumontia filiformis</i> . . . . .     | 0,022        | <i>Furcellaria fastigiata</i> . . . . . | 0,0064        |
|       | <i>Delesseria sinuosa</i> . . . . .                  | 0,011                        | <i>Polysiphonia ureolata</i> . . . . .   | 0,021        | <i>Polyides rotundus</i> . . . . .      | 0,0060        |
|       | <i>Phyllophora Brodiaei</i> . . . . .                | 0,011                        | <i>Phocanium coccineum</i> . . . . .     | 0,077        |   |               |
|       | <i>Delesseria alata</i> . . . . .                    | 0,0086                       |  |              |   |               |
|       | Durchschnitt   | <b>0,012</b>                 | Durchschnitt                             | <b>0,019</b> | Durchschnitt                            | <b>0,0062</b> |
|       | Durchschnitt aller Rotalgen <b>0,012</b>             |                              |  |              |   |               |
| Grün  | <i>Ulva Lactuca</i> . . . . .                        | 0,025                        | <i>Uloderis flacca</i> . . . . .         | 0,027        |   |               |
|       | <i>Monostroma Grevillei</i> . . . . .                | 0,025                        | <i>Urospora penicillioides</i> . . . . . | 0,027        |   |               |
|       | <i>Euteromorpha compressa</i> . . . . .              | 0,023                        | <i>Cladophore arcta</i> . . . . .        | 0,015        |   |               |
|       | " <i>Lanza</i> . . . . .                             | 0,023                        | " <i>sericea</i> . . . . .               | 0,014        |   |               |
|       | "  |                              | " <i>species</i> . . . . .               | 0,012        |   |               |
|       |  | " <i>rupestris</i> . . . . . | 0,0081                                   |              |   |               |
|       | Durchschnitt   | <b>0,024</b>                 | Durchschnitt                             | <b>0,017</b> |   |               |
|       | Durchschnitt aller Grünalgen <b>0,020</b>            |                              |  |              |   |               |
|       | Durchschnitt aller fächerförmigen Algen              | <b>0,017</b>                 | Durchschnitt aller büschelförmigen Algen | <b>0,020</b> | Durchschnitt aller riemenförmigen Algen | <b>0,028</b>  |
|       | Durchschnitt aller derbthalligen Algen <b>0,0058</b> |                              |  |              |   |               |
|       | Durchschnitt aller Algen <b>0,018</b>                |                              |  |              |   |               |

Während an fast allen anderen Algen deutlich die jungen diesjährigen Teile an ihrer helleren Färbung zu erkennen waren, konnte man bei *Delesseria alata* nichts dergleichen sehen. Ich vermute deshalb, daß das Wachstum der Alge sehr langsam ist oder daß ihre Hauptwachstumszeit in eine andere Jahreszeit fällt. Nach Hauck wird die Pflanze nur 5—15 cm hoch, ein Zeichen, daß ihr Wachstum überhaupt schwach ist. Auch darin wird ein Grund für die schwache Atmung liegen.

Bei den büschelförmigen Algen bewegt sich die Atmung der meisten Algen um den Durchschnitt. Abnorm ist die sehr hohe Atmung von *Pogotrichum*. Die Cladophoren atmen alle relativ wenig, am schwächsten *Cladophora rupestris*. Meine Exemplare waren sämtlich in Zoosporenbildung begriffen, worin wohl der Grund für die sehr geringe Atmung der *Cladophora rupestris* zu erblicken ist. Sehr schwach ist auch die Atmung von *Plocamium*. Dasselbe beobachtete auch Kniep, der die Pflanze im Oktober untersuchte. Wir haben es also offenbar mit einer spezifischen Eigentümlichkeit der Art zu tun. Natürlich ist auch bei allen anderen Algen mit niedriger Atmung, für die eine Erklärung versucht wurde, die Möglichkeit des Vorhandenseins solcher spezifischer Eigenschaften vorhanden.

Unter den Algen mit derbem Thallus ist die Verschiedenheit des Verhaltens von *Fucus serratus* und *F. vesiculosus* einerseits und *F. platycarpus* andererseits interessant. *F. platycarpus* wächst auf Helgoland in der höchsten Spritzwasserzone in sehr kümmerlichen Exemplaren. Seine Atmung steht hinter der der weiter unten unter günstigeren Bedingungen wachsenden anderen Vertreter der Gattung zurück. Auf Standortmodifikationen derselben Alge komme ich unten noch zurück.

Um unsere Ergebnisse mit denen früherer Autoren zu vergleichen, brauchen wir nur die Arbeiten Kylin's und Kniep's heranziehen. Die Hauptresultate der älteren Arbeiten wurden schon eingangs zitiert.

Kylin befaßt sich hauptsächlich mit der Feststellung des Atmungskoeffizienten, macht aber auch quantitative Angaben über den O<sub>2</sub>-Verbrauch. Aus seinen Tabellen 4 und 5 läßt sich berechnen, daß 1 g Frischgewicht *Fucus vesiculosus* bei 17,5° bis 20° C 0,0042 ccm O<sub>2</sub> veratmete, 1 g *F. serratus* in gleicher Zeit bei 17° bis 19° C 0,0023 ccm. Die Atmungsintensität von *F. vesiculosus* war also fast doppelt so groß als die von *F. serratus*.

Kylin führt diesen Unterschied auf (übrigens nicht zahlenmäßig nachgewiesene) Unterschiede im Verhältnis der Thallusoberfläche zum Thallusgewicht zurück. Bei den von mir benutzten Algen war ein solcher Unterschied bei den beiden Arten nicht vorhanden. Das Trockengewicht von 100 qcm der beiden Algen betrug 0,9253 beziehungsweise 0,8907 g, die Atmungsintensität, bezogen auf 1 g Trockengewicht und 1 Minute 0,0058 und 0,0057 ccm O<sub>2</sub>, oder bezogen auf Frischgewicht 0,00076 und 0,00057 ccm O<sub>2</sub> bei einer Temperatur von etwa 11° C. Kylins Algen atmeten an der Luft bei nicht ganz doppelt so hoher Temperatur rund fünf Mal so stark als meine Pflanzen.

*Ascophyllum nodosum* nahm nach Kylin (berechnet aus seiner Tabelle 7) bei 19° bis 20° C pro g Frischgewicht und Minute 0,0015 ccm O<sub>2</sub> auf, in meinen Versuchen bei 11° bis 12° C 0,00034 g. Also auch hier eine Differenz um etwa das Viereinhalbfache.

*Chondrus crispus* (Kylins Tabelle 8) veratmete 0,0023 g bei 22° bis 24° C, ich fand 0,00098 g bei 10° bis 11° C, also nur die Hälfte von Kylins Wert.

Diese Differenzen haben wohl mehrere Gründe. Die Temperatur bei Kylin war doppelt so hoch als bei meinen Versuchen, wodurch natürlich eine wesentliche Atmungserhöhung eintreten mußte. Außerdem arbeitete Kylin im CO<sub>2</sub>-freien Luftraum, während meine Versuche im normalen Meerwasser angestellt wurden. Die verschiedenen Atmungswerte mögen auch dadurch beeinflußt sein.

Ziehen wir nun Knieps Resultate zum Vergleich heran, so sehen wir, daß auch dort eine erhebliche Differenz in den Atmungswerten besteht, aber nach der entgegengesetzten Seite wie beim Vergleich mit Kylins Ergebnissen. In Tabelle 4 (S. 270) habe ich die aus Knieps Tabelle über die Atmung (S. 20 des Separates) berechneten Größen neben meine Werte der betreffenden Alge gestellt und in der letzten Abteilung angegeben, wieviel Mal größer die von mir gefundene Atmungsgröße ist, als die Knieps.

Eine Erklärung für die Tatsache, daß meine Werte größtenteils zweieinhalb Mal größer sind als die Knieps, ist nicht sicher zu geben. Höchst wahrscheinlich ist der Wachstumszustand der Algen dafür verantwortlich. Knieps sämtliche zitierte Versuche mit Ausnahme desjenigen von *Ulva Lactuca* wurden in der Zeit von Ende September bis Anfang Oktober gemacht, die Hauptwachstumsperiode der Algen fällt aber in den Frühling, in die Zeit, zu der meine Versuche angestellt wurden, während im Herbst die

Algen meistens fruktifiziert haben. (Vergleiche hierzu die Abschnitte über den Einfluß der Fruktifikation und der Jahreszeit.)

Tabelle 4.

Vergleich der von Kniep und vom Verfasser gefundenen Atmungsgrößen.

| Alge                            | Atmungs-<br>werte<br>Knieps | Temp.     | Atmungs-<br>werte d.<br>Verfassers | Temp.              | Werte d.<br>Verfassers<br>× > als die<br>Knieps |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------|---|
| <i>Ulva Lactuca</i> . . .       | 0,0091                      | 11,5—11,9 | 0,025                              | Etwa 10° bis 13° C | 2,7   |
| <i>Enteromorpha Linza</i> .     | 0,0113                      | 12,0—16,9 | 0,023                              |                    | 2,1   |
| <i>Laminaria saccharina</i> .   | 0,00126                     | 12,0—16,9 | 0,013                              |                    | 10,3  |
| <i>Fucus serratus</i> . . .     | 0,00315                     | 17,3—16,1 | 0,0058                             |                    | 1,9   |
| <i>Porphyra laciniata</i> . .   | 0,00506                     | 12,0—17,3 | —                                  |                    | —   |
| <i>Porphyra leucosticta</i> .   | —                           | —         | 0,014                              |                    | 2,8   |
| <i>Chondrus crispus</i> . . .   | 0,00311                     | 14,1—14,3 | 0,0064                             |                    | 2,1   |
| <i>Furcellaria fastigiata</i> . | 0,00117                     | 13,6      | 0,0063                             |                    | 5,7   |
| <i>Polyides rotundus</i> . . .  | 0,00081                     | 13,6      | 0,0060                             |                    | 7,4   |
| <i>Plocamium coccineum</i> .    | 0,00357                     | 13,6      | 0,0077                             | 2,2                |   |

Dieser Erklärung widerspricht nur das Verhalten von *Ulva Lactuca*; da Kniep seine Versuche mit dieser Alge jedoch in Straßburg mit Material machte, das von Neapel gesandt worden war, ist eine Verminderung der Atmungstätigkeit der Pflanzen nach dem Transport denkbar. Außerdem ist der von mir gefundene Wert von *Ulva* vielleicht höher als man erwarten sollte, worauf ich schon oben hingewiesen habe.

Ob die enorm viel höhere Atmung der derben Algen in meinen Versuchen auch auf jahreszeitlichen Schwankungen beruht, ist allerdings recht zweifelhaft.

Den von Kniep gefundenen Unterschied in der Atmungsgröße von *Polyides* und *Furcellaria* habe ich nicht beobachtet.

### Spezielle Beobachtungen.

Bei den allgemeinen Atmungsversuchen konnte ich einige Beobachtungen über Faktoren machen, welche die Stärke der Atmung beeinflussen.

An erster Stelle ist die Wirkung der Temperatur zu berücksichtigen. Wie bei allen Pflanzen wird die Atmung der Meeresalgen durch Temperaturerniedrigung herabgesetzt. Bei den Meeresalgen ist dieses insofern von sehr großer Bedeutung, als nach Knieps die Assimilation nicht im selben Maße durch Temperatur-senkung vermindert wird. Tabelle 5 enthält eine Bestätigung von Knieps Beobachtung über die Einwirkung der Temperatur auf die Atmung der Algen. Es wurden Vergleichsversuche bei hoher und niedriger Temperatur mit dem gleichen Exemplar gemacht.

Sehr stark wird die Atmung bei zwei nicht näher bestimmten *Cladophora*-Arten des Süßwassers durch die Temperatur beeinflusst. Die Atmungerniedrigung bei einem Temperaturfall von 20° C, wobei der Nullpunkt nicht erreicht wird, beträgt ungefähr  $\frac{3}{4}$  der Anfangsintensität. Bei *Fucus* wurde sie um mehr als die Hälfte vermindert bei einer Temperaturherabsetzung von + 17° C auf einige Grade unter 0° C. Da *Fucus* eine Meerespflanze ist und der Gefrierpunkt des Seewassers tiefer liegt als der des Süßwassers, so liegt diese Temperatur noch über dem Gefrierpunkt des die Alge umgebenden und ihre Membranen imbibierenden Wassers.

Tabelle 5.

## Wirkung der Temperatur auf die Atmung der Algen.

| Protokoll<br>Nr. | Alge   | Temperatur<br>°C | Atmung cem O <sub>2</sub> in<br>1 Minute durch<br>1 g Frischgewicht . |
|------------------|--|------------------|---|
| 600              | <i>Fucus serratus</i> . .                          | + 15,25 — + 16,6 | 0,0006227   |
| 601              | desgl. . .   | + 6 — + 2,5      | 0,0005127   |
| 602              | desgl. . .   | + 16,5 — + 16,5  | 0,0006030   |
| 605              | desgl. . .   | + 16,5 — + 17    | 0,0005479   |
| 606              | desgl. . .   | — 1 — — 3        | 0,0002311   |
| 607              | desgl. . .   | + 16,5 — + 16,5  | 0,0005860   |
| 569              | <i>Cladophora X</i> , Species<br>aus Süßwasser . . | + 22,5 — + 23    | 0,006777  |
| 570              | desgl. . .   | + 2 — + 4        | 0,001683  |
| 574              | <i>Cladophora Y</i> , Species<br>aus Süßwasser . . | + 2,5 — + 4      | 0,005574  |
| 575              | desgl. . .   | + 20,5 — + 20,5  | 0,01848   |
| 580              | desgl. . .   | + 20,25 — + 20,5 | 0,005110  |
| 583              | desgl. . .   | + 2 — + 2        | 0,001685  |

Wurde eine *Fucus*-Pflanze, die soeben bei niedriger Temperatur geatmet hatte, sofort in hohe Temperatur gebracht, so war ihre Atmung wieder normal. Das zeigen die Versuche 600 bis 607 in Tabelle 5. Iraklinow machte Angaben über eine explosionsartige Erhöhung der Atmung von Landpflanzen bei plötzlicher Temperatursteigerung. Bei *Fucus* ist eine solche Reizwirkung nicht vorhanden.

Sehr starker Wundreiz wirkte als Shock, schwache Verwundung blieb ohne Einfluß auf die Atmung der Algen. Junge Pflanzen und vegetative Enden älterer Pflanzen von *Fucus serratus* zerhackte ich mit einem gut vernickelten sauberen Messer zu kleinen Würfeln von einigen mm Durchmesser. Die Atmung wurde dadurch um  $\frac{1}{5}$  beziehungsweise  $\frac{1}{4}$  herabgesetzt. Weitere Versuche machte ich mit *Laminaria*-Stielen. Von den Stielen wurden die obersten Zellschichten so dünn wie möglich abgeschält, um die Oberfläche möglichst wenig im Verhältnis zu den Innenzellen zu vermindern. Die Atmung sank dadurch um  $\frac{1}{6}$ . (Tabelle 6.)

Tabelle 6.  
Wirkung des Wundreizes auf die Atmung.

| Proto-<br>koll<br>Nr. | Alge                                       | Art der Verwundung                            | O <sub>2</sub> veratmet von<br>1 g Frischgewicht<br>in 1 Minute |
|-----------------------|--|---|---|
| 63                    | Junge Pflanzen von <i>Fucus serratus</i>   | unverletzt                                    | 0,001273  |
| 64                    | desgl.                                     | „   | 0,001222  |
| 65                    | desgl.                                     | zerhackt zu Stücken von<br>1—3 mm Durchmesser | 0,001007  |
| 66                    | desgl.                                     | desgl.  | 0,0009407   |
| 588                   | Vegetative Enden von <i>Fucus serratus</i> | unverletzt                                    | 0,0005703   |
| 589                   | desgl.                                     | „   | 0,0005736   |
| 592                   | desgl.                                     | zerhackt wie Vers. 65/66                      | 0,0004154   |
| 593                   | desgl.                                     | desgl.  | 0,0004562   |
| 86                    | Stiele von <i>Laminaria</i>                | unverletzt                                    | 0,0002932   |
| 87                    | desgl.                                     | „   | 0,0002683   |
| 88                    | desgl.                                     | geviertelt                                    | 0,0004051   |
| 89                    | desgl.                                     | „   | 0,0004181   |
| 90                    | desgl.                                     | geschält                                      | 0,0002479   |
| 91                    | desgl.                                     | „   | 0,0002172   |

An demselben Versuchsobjekt suchte ich Aufschluß über die Atmung der inneren Teile der Algen zu erlangen. Wir haben gesehen, daß die derben, dickfleischigen Algen bedeutend schwächer atmen als die feinen oberflächegroßen Formen. Diese Tatsache wurde auch schon in beschränkterem Umfang von Kniep gefunden. Kniep diskutiert die dafür möglichen Gründe. Einmal kann mangelnde Diffusionsfähigkeit für die Atmungsgase eine Verlangsamung des Gasaustausches zwischen den inneren Zellen und dem umgebenden Wasser, eine schwächere Atmung der derben Algen gegenüber den feinen bedingen. Andererseits kann aber auch ein Unterschied in der physiologischen Funktion der äußeren und inneren Zellen bestehen. Es könnten die inneren Zellen aus Mangel an Atmungsmaterial, beschränkter Enzymtätigkeit oder ähnlichen Gründen trotz genügender Zufuhr und Abfuhr von Gasen schwächer atmen als die oberflächlichen.

Um die Frage zu lösen, zerlegte ich die zylindrischen *Laminaria*-Stiele durch zwei senkrecht aufeinander stehende Längsschnitte in vier gleiche Teile. Die Oberfläche der unverletzten Stiele ist gleich der Oberfläche des Zylinders  $2\pi r(r+h)$ . Durch die Schnitte wird die Oberfläche vermehrt um 4 Rechtecke von der Fläche  $r h$ . Der Durchmesser der verwendeten *Laminaria*-Stielstücke betrug 1 cm, ihre Länge 7 cm. Setzen wir diese Zahlen in die Formeln ein, so erhalten wir als Oberfläche des unverletzten Stieles  $7,5\pi$  oder 23,57 qcm. Die 4 Rechtecke haben eine Fläche von 14,0 qcm. Nach Versuch 86/87 (Tabelle 6) ist der mittlere Atmungswert für diese Fläche 0,00002808 ccm. Durch Schälen der Stiele, also durch eine Verletzung, welche der gesamten Oberfläche entspricht, wird nach Versuch 90/91 die Atmung auf 0,00002325 ccm herabgesetzt, also um  $\frac{1}{6}$  vermindert. Da die Fläche 23,57 qcm 0,00002808 ccm O<sub>2</sub> aufnimmt, muß die Fläche der 4 Rechtecke von 14,0 qcm  $\frac{0,00002808 \cdot 14}{23,57}$  ccm O<sub>2</sub> einatmen. Von diesen 0,0001668 ccm müssen wir aber einen Verlust von  $\frac{1}{6}$  für den Wundreiz in Anrechnung bringen, so daß der theoretisch veratmete Sauerstoffwert 0,00001390 beträgt. Addieren wir diesen Wert zu dem von der Zylinderoberfläche aufgenommenen, so erhalten wir eine Sauerstoffaufnahme von 0,00004198 cm durch 1 g Frischgewicht in 1 Minute bei dem geviertelten Stiel. Dieser Wert kann nur dann tatsächlich auftreten, wenn die Atmung der inneren und äußeren Teile völlig gleich ist. Aus Versuch 88/89 lesen wir den experimentell ge-

fundenen Mittelwert 0,00004116 ab, der außerordentlich gut dem geforderten Wert entspricht.

Wir dürfen aus diesem Versuch den Schluß ziehen, daß die Atmung der inneren Teile der dicklaubigen Algen ebenso lebhaft ist wie die der äußeren Zellen. Die schwächere Atmung dieser Algen gegenüber den dünnlaubigen kommt nur durch die mangelhafte Diffusion der Gase im dicken Thallus zustande, wodurch eine hinreichende Sauerstoffversorgung der zentralen Teile verhindert wird.

Die Atmungstätigkeit der Algen ist, wie zu erwarten, vom Alter der Pflanzen und dem damit verbundenen Wachstumszustand abhängig.

Tabelle 7.

Einfluß verschiedener Algenteile und verschiedenen Alters auf die Atmung.

| Alge                        | Protokoll Nr. | Verwendete Teile                       | Atmung | Protokoll Nr. | Verwendete Teile   | Atmung  |
|-----------------------------|---------------|--|--------|---------------|--|---------|
| <i>Fucus serratus</i>       | 63            | junge Pflanzen von wenig cm Länge      | 0,010  | 118           | vegetative Enden großer Pflanzen                         | 0,0068  |
| <i>Ascophyllum</i>          | 156           | wachsende Spitzenteile großer Pflanzen | 0,0023 | 157           | Teile aus den mittleren Partien der Pflanzen             | 0,0016  |
| <i>Desmarestia aculeata</i> | 281           | dicht behaarte Sommerpflanze           | 0,022  | 122           | Winterpflanze  | 0,0035  |
| <i>Laminaria hyperborea</i> | 81            | diesjähriges Laub                      | 0,016  | 83            | vorjähriges Laub   | 0,0088  |
| desgl.                      | 84            | diesjähriger Stiel                     | 0,0011 | 87            | vorjähriger Stiel  | 0,00029 |
| <i>Fucus vesiculosus</i>    | 215           | Laub                                   | 0,0069 | 152           | Stiel  | 0,0014  |
| <i>Polyides rotundus</i>    | 126           | wachsende Spitzen des Thallus          | 0,0071 | 143           | ganze Pflanzen   | 0,0050  |
| <i>Chondrus crispus</i>     | 55            | junge Pflanzen von 1—2 cm Länge        | 0,0034 | 56            | ältere verzweigte Pflanzen                               | 0,0055  |
| <i>Porphyra leucosticta</i> | 172           | 20 junge Pflanzen                      | 0,012  | 173           | 1 große Pflanze vom gleichen Gewicht wie die 20 Pflanzen | 0,014   |

Bei fast allen Pflanzen ist die Atmung der jüngeren Teile wesentlich stärker als die der älteren (Tabelle 7). Das trifft nicht nur für die Laubteile zu, sondern ist ebenso auch bei jungen und

alten Stielen von *Laminaria*. Der junge Stiel, der allerdings auch dünner ist als der alte und somit eine größere Oberfläche besitzt, atmet vier Mal stärker als der alte. Ein so großer Unterschied in der Atmung verschieden alter Teile ist bei den anderen Algen nicht vorhanden mit Ausnahme von *Desmarestia*. Die Winterform der Pflanze ist völlig nackt und derb, die Sommerform ist dagegen mit einem dichten Überzug feinsten Härchen versehen, wodurch eine Atmungserhöhung um mehr als das Sechsfache entsteht.

Bei *Porphyra* ist kein wesentlicher Unterschied in der Atmung junger und älterer Pflanzen vorhanden und bei *Chondrus* atmen sogar die älteren Pflanzen stärker als die jungen. Die älteren Pflanzen sind flächenförmig und verzweigt, die jungen dagegen pfriemförmig und besitzen eine sehr viel kleinere Oberfläche als die alten, atmen daher schwächer.

Der Einfluß der Oberfläche zeigt sich auch deutlich bei einem Vergleich der Atmung der *Laminaria*- und *Fucus*-Blätter und -Stiele. Die Atmung des Laubes ist bis 30 mal stärker als die des Stieles.

Fruktifikation wirkt ebenfalls vermindern auf die Atmung.

Tabelle 8.

## Wirkung der Fruktifikation auf die Atmung.

| Alge                              | Protokoll<br>Nr. | nicht<br>fruktifizierend | Protokoll<br>Nr. | fruktifizierend |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| <i>Polysiphonia urceolata</i> . . | 275              | 0,0017                   | 246              | 0,00074         |
| <i>Chondrus crispus</i> . . .     | 56               | 0,0010                   | 93               | 0,00060         |
| <i>Fucus serratus</i> . . . .     | 588              | 0,00057                  | 591              | 0,00034         |

Bei *Fucus* wird nicht nur die durch die Fruktifikation eintretende Wachstumsverzögerung die Herabsetzung der Atmung verursachen sondern auch die gleichzeitig damit verbundene Verkleinerung der Oberfläche im Verhältnis zum Gewicht der Alge. 100 qcm Konzeptakeln wiegen nämlich frisch 12,5 g, die gleiche Fläche Thallusenden 7,7 g.

Ein Unterschied der Atmung in verschiedener Jahreszeit zeigt sich selbstverständlich zwischen Sommer und Winter. Bei *Fucus serratus*, der einzigen darauf geprüften Alge, ist er auch schon zwischen Frühling und Sommer zu erkennen, und zwar ist infolge stärkeren Wachstums die Atmung im Frühjahr bedeutend

höher als im Sommer. Der Mittelwert von 5 im April angestellten Atmungsversuchen war 0,00072, Ende Juli war das Mittel von 6 Versuchen trotz höherer Temperatur 0,00058. Die niedrigste Atmungsgröße im Frühjahr war 0,00070, die höchste im Sommer 0,00062. Eine weitere Abnahme gegen den Herbst ist zu erwarten, so daß dann die von Kniep beobachteten relativ niedrigen Atmungsgrößen auftreten.

Von weiterer Bedeutung sind Standortmodifikationen der Algen. Bei *Fucus platycarpus* wurden Atmungsversuche angestellt mit Pflanzen, die in der höchsten Spritzzone an den Felsen Helgolands wuchsen und mit seltenen Exemplaren aus der *Fucus serratus*-Zone, die nur bei sehr niedrigem Wasser trocken lagen. Ihr Thallus war sehr breit und fleischig, während die Exemplare der höchsten Spritzzone schmallaubig, lederig, eingeschrumpft und kümmerlich waren.

Tabelle 9.

Atmung von Standortmodifikationen von *Fucus platycarpus*.

|   |                      |  |                     |
|---|----------------------|--|---------------------|
| Pflanzen aus der<br>Spritzzone<br>(Vers. 155, 34) | 0,003190<br>0,003146 | Pflanzen aus der<br>Spülzone<br>(Vers. 217, 218) | 0,009016<br>0,01026 |
|---|----------------------|--|---------------------|

Die Atmung der breitlaubigen Form war, wie Tabelle 9 zeigt, drei Mal so stark wie die der schmalblättrigen.

Bei allen Algen kommen sehr große individuelle Schwankungen vor. Das zeigt eine Durchsicht der Gesamtprotokolle ohne weiteres (vgl. z. B. das Protokoll von *Dumontia filiformis*). Auch aus Knieps Untersuchungen gehen sie bereits hervor. In manchen Fällen werden sie allerdings durch ungünstige Wirkung von Außenfaktoren veranlaßt sein. Bei verschiedenen zarten Algen war trotz sorgfältigster Behandlung die Atmung am zweiten Tage des Aufenthaltes im Laboratorium schon sehr stark vermindert, obgleich die Pflanzen äußerlich noch vollkommen gesund aussahen.

Ein Teil dieser Schwankungen dürfte bis zu gewissem Grade auch von anderen Außenfaktoren abhängen. Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen, Beobachtungen an *Enteromorpha compressa* deuten jedoch darauf hin, daß die Assimilation der Algen vor dem Versuch für den Ausfall der Atmung von Bedeutung ist. In Tabelle 10 sind die Atmungswerte zusammengestellt, die an Algen gemessen wurden, von denen ein

Teil in der eingangs geschilderten Weise bei gedämpftem Oberlicht im Lichtschacht des helgoländer Aquariums einen Tag aufbewahrt war, während der andere Teil im April am Fenster im direkten Sonnenlicht gestanden hatte. Diese Algen waren dicht mit O<sub>2</sub>-Blasen bedeckt, die natürlich vor Versuchsbeginn sorgfältig entfernt wurden. Die Algen, die stark assimiliert hatten, absorbierten, wie Tabelle 10 zeigt, eine weit größere Sauerstoffmenge in der Zeiteinheit, als die Exemplare, deren Lichtgenuß schwächer gewesen war.

Tabelle 10.  
Atmung von *Enteromorpha* nach verschieden  
starker Assimilation.

| Versuch-Nr. | Beleuchtung vor dem Versuch | cm O <sub>2</sub> -Absorption pro g Frischgewicht in der Minute |
|-------------|-----------------------------|---|
| 167         | gedämpft                    | 0,001270  |
| 179         | „                           | 0,001402  |
| 290         | „                           | 0,001213  |
| 291         | „                           | 0,001341  |
| 101         | Sonne                       | 0,002342  |
| 102         | „                           | 0,002949  |
| 103         | „                           | 0,002406  |
| 104         | „                           | 0,002403  |

Vergleichen wir die Atmungsgrößen der Meeresalgen mit denen von Süßwasser- oder Landpflanzen, so sehen wir, daß bei letzteren die Atmung wesentlich höher ist. Diese Beziehung ist von fast allen früheren Autoren behandelt, ich gehe deshalb nicht näher darauf ein. Einige Vergleichszahlen mit der Atmung von Süßwasseralgen möchte ich aber mitteilen. Die bereits oben erwähnten beiden nicht näher bestimmten *Cladophora*-Arten des Süßwassers atmeten durchschnittlich in 1 Minute und bezogen auf 1 g Frischsubstanz bei etwas über 20° C 0,010 ccm O<sub>2</sub> ein. Demgegenüber erscheint der Atmungswert der untersuchten marinen Cladophoren (ohne *Cladophora rupestris*) mit durchschnittlich 0,0012 ccm O<sub>2</sub> sehr niedrig. Die Temperatur bei den Versuchen mit den Meeresalgen war allerdings nur etwa 11° C, das ist aber ohne große Bedeutung, denn selbst bei + 3° C ist der Durchschnittswert der Atmung der Süßwasser-*Cladophora* immer noch wesentlich höher, nämlich 0,0029.

## Der Atmungskoeffizient $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ .

Das Hauptziel der vorliegenden Untersuchungen war ein Vergleich der Atmungsintensität verschiedener Meeresalgen miteinander, das Verhältnis der ausgeschiedenen Kohlensäure zum aufgenommenen Sauerstoff wurde daher nur gelegentlich bestimmt.

Drei bis vier Tage im Laboratorium aufbewahrte Thallusenden von *Fucus vesiculosus* (gesammelt in der Kieler Bucht) ließ ich in zwei Versuchen 8 Stunden lang im Dunkeln atmen. Es kamen 40 bis 50 g Frischgewicht in 1 l Wasser zur Verwendung. Die Kohlensäurebestimmung wurde nach der in der Einleitung geschilderten Methode vorgenommen. Vor dem Versuch wurden zur Titration von 25 ccm Barytwasser, die den vierten Teil der Gesamtkohlensäure enthielten, 40,8 ccm  $\frac{n}{20}$  HCl verbraucht. Nach der Atmung waren dazu 39,9 bzw. 39,7 ccm nötig. Die Kohlensäurezunahme betrug also 1,992 bzw. 2,491 ccm  $\frac{n}{20}$  HCl. 1 ccm  $\frac{n}{20}$  HCl entspricht 0,5597 ccm  $\text{CO}_2$ . Die verwendete Salzsäure war jedoch nicht genau  $\frac{1}{20}$  normal, sondern hatte auf Grund von Einstellung auf  $\text{NH}_4\text{OH}$  den Titer  $\frac{96,5}{95,4}$ . Setzt man diesen Wert ein, so erhält man für unsere beiden Versuche eine Gesamtkohlensäureausscheidung von 1,992 bzw. 2,491 ccm.

Die Sauerstoffanalyse wurde nach Winkler gemacht. Der Titer des dabei verwendeten Thiosulfats betrug für Versuch 1 102,75 ccm  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  auf 10 ccm  $\frac{n}{10}$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , für den zweiten Versuch 104 ccm  $\frac{n}{100}$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Vor dem Versuch war in dem Wasser eine Sauerstoffmenge enthalten, die 10,5 ccm unseres Thiosulfats verbrauchte, nach dem Atmungsversuch 6,8 bzw. 5,5 ccm. Unter Berücksichtigung des Titers ergibt das einen Sauerstoffverbrauch von 2,010 bzw. 2,684 ccm. Der Koeffizient  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  beträgt also im ersten Versuch  $\frac{1,992}{2,010} = 0,991$ , im zweiten  $\frac{2,491}{2,684} = 0,928$ .

Auf analoge Weise wurde (Versuch 319) der Atmungskoeffizient für *Polysiphonia elongata* (Kiel) festgestellt. Das Verhältnis  $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$  war  $\frac{2,113}{2,116} = 0,998$ .

Der Koeffizient liegt also sowohl bei der Braun- wie bei der Rotalge sehr nahe an 1. Damit können wir die von Kniep gefundenen Werte bestätigen.

Am interessantesten ist die Kenntnis des Atmungskoeffizienten der Braunalgen, weil wir über die Reservesubstanzen dieser Algen noch nicht genau orientiert sind. Nach den Untersuchungen Kylins (2) sind die Reservesubstanzen verschiedener Phaeophyceen verschieden.

*Laminaria saccharina* und *digitata*, *Fucus vesiculosus* und *Ascophyllum* enthalten einfache Zuckerarten, Dextrose und Lävulose, die das erste Assimilationsprodukt dieser Phaeophyceen darstellen. Außerdem kommt ein „dextrinähnliches Polysaccharid“ vor, das den Algen als Reservestoff (entsprechend der Stärke) dienen soll. Bei *Laminaria* ist es in reichlicher Menge vorhanden, bei *Ascophyllum* und *Fucus* weniger, weil letztere nicht unbedeutende Massen Fett enthalten.

Nach dem Ausfall des Koeffizienten müssen wir schließen, daß zunächst nicht die Fette, sondern nur die Kohlehydrate veratmet werden. Diese werden vielleicht erst angegriffen, wenn alle Kohlehydrate verbraucht sind. Bei Verhinderung der Assimilation, deren erstes Produkt ja Zuckerarten sein sollen, würde zu erwarten sein, daß sich der Koeffizient nach längerer Verdunkelungszeit ändert. Daß das innerhalb der von mir angewendeten Versuchszeit von 8 Stunden noch nicht geschah, ist bei dem trägen Stoffwechsel der in Betracht kommenden Alge nicht verwunderlich.

### Der Koeffizient $\frac{\text{Assimilation}}{\text{Atmung}}$ .

Für die Ökologie der Meeresalgen erfahren wir aus den mitgeteilten Atmungswerten nichts Wichtiges, obgleich es nicht ausgeschlossen schien, daß Unterschiede in der Atmungsintensität eine entsprechende Anordnung der Algen zur Luft bedingten. Dafür ist von großer Bedeutung die Assimilation und, wie neuerdings Kniep gezeigt hat, das Verhältnis der Atmung zur Assimilation. Kniep fand, daß bei *Fucus* die Atmung durch Temperaturerniedrigung rascher sinkt als die Assimilation. Die Folge ist die Möglichkeit einer hinreichenden Ernährung der Algen in kalten nordischen Gewässern.

Mit einer Nachprüfung und weiteren Bearbeitung dieses Gebietes war ich beschäftigt, als durch den Kriegsausbruch weitere Untersuchungen unmöglich wurden. Die wenigen Versuche, die ich anstellen konnte, möchte ich hier jedoch mitteilen, da sie eine

kleine Erweiterung unserer Kenntnisse vom Gasaustausch der Algen bedeuten.

Tabelle 11.

## Wirkung der Temperatur auf die Assimilation.

| Alge  | Proto-<br>koll-<br>Nr. | Temperatur      | Licht             | O <sub>2</sub> -Austausch |
|---|------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| <i>Fucus serratus</i> .                             | 603                    | 17,0—17,5       | 100 Kerzen, 65 cm | + 0,0002125               |
| Desgl. . . . .                                      | 604                    | etwas über 0    | 100 „ 65 „        | + 0,004232                |
| <i>Cladophora X</i> <sup>1)</sup><br>des Süßwassers | 567                    | 22,75—22,75     | Auerlampen        | + 0,003986                |
| Desgl. . . . .                                      | 568                    | + 3             | „                 | + 0,002693                |
| <i>Cladophora Y</i> des<br>Süßwassers . .           | 572                    | 19,5—17         | „                 | + 0,0007810               |
| Desgl. . . . .                                      | 573                    | + 3 bis + 2     | „                 | + 0,0005132               |
| Desgl. . . . .                                      | 581                    | 21,5—23,5       | „                 | + 0,002187                |
| Desgl. . . . .                                      | 584                    | + 3,5 bis + 2,5 | „                 | + 0,003469                |

In Tabelle 11 sind die Versuche zusammengestellt. Bei dem Versuch mit *Fucus serratus* sehen wir in der Kälte eine Sauerstoffzunahme, die das 20fache von der bei hoher Temperatur beträgt. Das Resultat ist im ersten Augenblick höchst überraschend, läßt sich aber ganz einfach erklären. Leider machte ich bei dem Versuch keine Gewichtsbestimmung der verwendeten Pflanzen, so daß eine genaue Angabe der Assimilation von 1 g Gewicht unmöglich ist. Die Angabe bei Versuch 603 und 604 bezieht sich daher auf die Gesamtmenge der verwendeten Pflanzen. 10 g Frischgewicht wurden ganz sicher mindestens verwendet; wenn wir also den Assimilationswert danach umrechnen würden, erhielten wir eine Zahl, die bei der hohen Temperatur erst mit der vierten, bei der niedrigen mit der dritten Stelle hinter dem Komma beginnt. Das ist ein sehr niedriger Wert, der hinter der Atmungsgröße bei gleicher Temperatur zurückbleibt. Aus dieser schwachen Assimilation folgt, daß die Lichtintensität nahe der unteren Schwelle für die Assimilation stand. Bei hoher Temperatur findet die normale Atmung der Algen statt, die bei der geringen Lichtstärke

1) Die Lichtwerte bei den drei Versuchsgruppen mit *Cladophora* wurden nicht näher bestimmt. Sie sind in den drei Gruppen verschieden und nicht miteinander zu vergleichen.

des Versuches der Assimilation fast gleichwertig ist. Die Folge ist eine nur geringe  $O_2$ -Zunahme im Versuchswasser. Bei tiefer Temperatur hingegen findet, wie wir aus Tabelle 5 gesehen haben, eine starke Herabsetzung der Atmung statt. Würde die Assimilation im gleichen Maße erniedrigt werden, so würden wir im Versuchswasser eine Verminderung der Sauerstoffzunahme gegenüber dem Versuch bei höherer Temperatur finden. Da das nicht der Fall ist, ziehen wir den Schluß, daß die Assimilation nicht in gleichem Maße herabgesetzt wurde, wie die Atmung.

Aus dem Versuch geht hervor, daß sich die Alge bei schwachem Licht bei niedriger Temperatur viel besser ernähren kann als bei höherer.

Bei noch etwas schwächerem Licht muß der Fall eintreten, daß bei hoher Temperatur überhaupt keine Aufnahme von organischen Stoffen mehr stattfindet, weil der Abbau durch die Atmung stärker ist als die Zufuhr durch die Assimilation, während bei tieferer Temperatur noch Speicherung von C-Verbindungen möglich ist.

Daß Pflanzen mit einem derartigen Stoffwechsel prädestiniert sind, die kalten, lichtarmen Meere der Polarzone zu bevölkern, ist ohne weiteres verständlich.

Eine Erklärung, warum nur bestimmte Algen im Eismeer vorkommen, ist damit jedoch nicht gegeben. Man könnte annehmen, daß die eben besprochenen Eigenschaften den nicht in arktischen Gewässern lebenden Algen fehlen. Das ist aber nicht der Fall, wie die Versuche mit Süßwassereladophoren (Tabelle 10) zeigen. In Versuch 581/84 haben wir ein ganz gleiches Verhalten wie bei *Fucus*, in der Kälte stärkere Assimilation wie in der Wärme. In den anderen vier Versuchen war die Assimilation (wohl infolge höheren Lichtes) stärker; sie überwog auch bei höherer Temperatur die Atmung, und infolgedessen tritt bei niedriger Temperatur eine Verminderung der  $O_2$ -Ausscheidung ein. Die Assimilation sinkt dabei um  $\frac{1}{3}$  ihres Wertes, die Atmung der gleichen Exemplare der Algen sank bei entsprechender Temperaturerniedrigung (Tabelle 5) aber um  $\frac{3}{4}$  des Wertes bei hoher Temperatur.

Noch deutlicher tritt uns die Bedeutung der Temperatur für den Gaswechsel bei der Zusammenstellung in Tabelle 12 entgegen. Leider konnte ich dort nur die Versuche mit den Süßwassereladophoren aufnehmen, weil ich bisher nur mit diesen Pflanzen Assimilations- und Atmungsversuche am selben Exemplar machte.

Tabelle 12.

Der Koeffizient  $\frac{\text{Assimilation}}{\text{Atmung}}$  bei verschiedener Temperatur.

| Protokoll-Nr. | Hohe Temperatur<br>(20—22° C) |         | Protokoll-Nr. | Niedrige Temperatur<br>(2—3,5° C) |        |
|---------------|-------------------------------|---------|---------------|-----------------------------------|--------|
| 567/69        | 0,003986<br>0,006777          | 0,5882  | 568/70        | 0,002697<br>0,001683              | 1,603  |
| 572/75        | 0,0007810<br>0,01848          | 0,04227 | 573/74        | 0,0005132<br>0,0005574            | 0,9207 |
| 581/80        | 0,002187<br>0,005110          | 0,4280  | 584/83        | 0,003469<br>0,001685              | 2,059  |

Bei hoher Temperatur fällt bei den angewandten Lichtmengen der Koeffizient  $\frac{\text{Assimilation}}{\text{Atmung}}$  zugunsten der Atmung aus, während bei niedriger Temperatur das Umgekehrte eintritt. Nur bei der mittleren Versuchsreihe, wo wir es mit einer ganz besonders starken Atmung, deren Grund nicht zu ermitteln ist, zu tun haben, ist auch in der Kälte die Atmung noch etwas stärker als die Assimilation. Die Veränderung des Koeffizienten ist aber trotzdem deutlich.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden bereits im Jahre 1911 begonnen. Die mitgeteilten Atmungswerte habe ich vollkommen unabhängig von den inzwischen erschienenen Ergebnissen Knieps gewonnen. Die Versuche wurden in den botanischen Instituten der Universitäten in Kiel und Würzburg, der weitaus größere Teil an der biologischen Anstalt auf Helgoland ausgeführt. Dem Direktor der Anstalt, Herrn Geheimrat Heincke, bin ich für die wiederholte Überlassung von Arbeitsplätzen sowie für die Anschaffung der für die Untersuchungen nötigen Arbeitsmittel zu großem Dank verpflichtet. Ferner danke ich den Herren Professoren Kniep, Kuekuck, Küster, Nordhausen, Reincke und Schröder, die das Zustandekommen der Arbeit gefördert haben.

Würzburg, Botanisches Institut

Anfang August 1914.

## Anhang I.

**Protokolle der allgemeinen Atmungsversuche.**

In den folgenden Tabellen sind die Protokolle einer großen Zahl der angestellten Atmungsversuche wiedergegeben.

Die meisten Rubriken sind ohne Erörterung verständlich. In der Rubrik „vorgewärmt“ ist die Zeit angegeben, welche die Alge im Versuchszimmer vor der Atmung verbrachte. Das frisch gesammelte Material gelangte stets in längstens 4 Stunden ins Zimmer und konnte sich in der „Vorwärmzeit“ an die dortige Temperatur gewöhnen. Unter „O<sub>2</sub> vor Versuch“ und „O<sub>2</sub> nach Versuch“ ist die Sauerstoffmenge mitgeteilt, welche in 100 ccm des Versuchswassers vor resp. nach der Atmung der Algen enthalten war. Es ist jedoch nicht die direkte Sauerstoffmenge angegeben, sondern die Menge der zur Titration von 100 ccm Versuchswasser verbrauchten Thiosulfatmenge. Ich verwendete  $\frac{n}{100}$  Thiosulfatlösung, von der 1 ccm 0,055825 ccm O<sub>2</sub> entspricht. Die benutzte Lösung war jedoch nicht genau  $\frac{1}{100}$  normal, sondern schwankte. Der für die einzelnen Versuche gültige Titerwert ist aus Anhang IV ersichtlich. Die Neueinstellung der in großen Mengen (10 l) hergestellten Normallösung auf  $\frac{n}{10}$  K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>- resp. KJO<sub>3</sub>-Lösung geschah nach Verlauf einiger Tage. Für die Zwischenzeit wurde der Wert aus der Differenz der vorhergehenden und der letzten Einstellung berechnet.

Die Zahlen in der Abteilung Versuchsgefäß geben die Menge Wasser an, welche die verwendete Flasche enthielt.

Dann folgen die aus den vorhergehenden Zahlen berechneten Kubikzentimeter Sauerstoff, die von den Algen in 1 Minute veratmet wurden, und zwar bezogen auf 1 g Frischgewicht und auf 1 g Trockengewicht.

Die Algen sind in alphabetischer Reihenfolge geordnet.

Die Versuche über die Wirkung der Besonnung und die Einwirkung der Temperatur auf die Atmung und die Assimilation sind gesondert am Schluß aufgezählt.

| Versuch-Nr. | Alge                       | Datum       | Vor-<br>ge-<br>wärt | Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht | Versuchs-<br>zeit | Tempe-<br>ratur | O <sub>2</sub><br>vor<br>Ver-<br>such | O <sub>2</sub><br>nach<br>Ver-<br>such | Versuchs-<br>erfäß | O <sub>2</sub> veratmet in 1 Min.<br>von 1 g<br>Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht | Bemerkungen   |
|-------------|----------------------------|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------------|--|--------------------|--|---------------------|---|
| 37          | <i>Ascophyllum nodosum</i> | 26. 3. 1913 | 2 Tage              | 10                 | 1,5022              | 166               | 11,4—12,2       | 9,45                                  | 7,5                                    | 547                | 0,0003441  | 0,002290            | 3—8 cm lange Enden der Riemer oberhalb der letzten Luftblase. Durch Brandung et was beschädigt. |
| 38          | "                          | 16. 3. 1913 | 2 "                 | 10                 | 1,5735              | 166               | 11,4—12,2       | 9,45                                  | 7,33                                   | 530                | 0,0003624  | 0,002303            |   |
| 156         | "                          | 5. 4. 1913  | 2 "                 | 15                 | 2,1562              | 120               | 11,4—12         | 11,95                                 | 9,90                                   | 567,5              | 0,0003317  | 0,002306            | Desgl.  |
| 157         | "                          | 5. 4. 1913  | 2 "                 | 15                 | 3,8813              | 120               | 11,4—12         | 11,95                                 | 9,31                                   | 547                | 0,0001639  | 0,001591            | Mehrere cm lange Stücke aus dem mittleren Teil der Pflanzen.                                    |
| 168         | <i>Cladophora arcta</i>    | 9. 4. 1913  | 1 Tag               | 5                  | 0,4044              | 120               | 11,5—11         | 12,14                                 | 9,28                                   | 537                | 0,001291   | 0,01598             | Ganze Pflanzen.   |
| 180         | "                          | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | 0,4380              | 120               | 11,8—12,2       | 12,25                                 | 9,5                                    | 547                | 0,001264   | 0,01443             | Desgl.  |
| 40          | <i>Cladophora repens</i>   | 28. 3. 1913 | 1 "                 | 10                 | 1,3970              | 180               | 10,1—11         | 8,425                                 | 4,8                                    | 553,5              | 0,0005819  | 0,004165            | Ganze Pflanzen in Zoosporenbildung.   |
| 42          | "                          | 28. 3. 1913 | 1 "                 | 10                 | 1,5068              | 180               | 10,1—11         | 8,425                                 | 3,85                                   | 530                | 0,0007033  | 0,004669            | Desgl.  |
| 61          | "                          | 30. 3. 1913 | 3 Tage              | 5                  | 0,8657              | 105               | 10,3—10,7       | 8,25                                  | 5,125                                  | 547                | 0,001710   | 0,009878            | Desgl.  |
| 62          | "                          | 30. 3. 1913 | 3 "                 | 5                  | 0,8445              | 105               | 10,3—10,7       | 8,25                                  | 4,23                                   | 537                | 0,002163   | 0,01281             | Desgl.  |
| 94          | "                          | 31. 3. 1913 | 4 "                 | 10                 | —                   | 165               | 13—13,2         | 10,05                                 | 3,23                                   | 530                | 0,001147   | —                   | Desgl.  |
| 95          | "                          | 31. 3. 1913 | 4 "                 | 10                 | —                   | 165               | 13—13,2         | 10,05                                 | 3,45                                   | 547                | 0,001145   | —                   | Desgl.  |
| 169         | <i>Cladophora sericea</i>  | 9. 4. 1913  | 1 Tag               | 5                  | 0,4251              | 120               | 11,5—11         | 12,14                                 | 9,65                                   | 571                | 0,001195   | 0,01406             | Ganze Pflanzen. Verunreinigt durch wenig Diatomeen.   |
| 181         | "                          | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | 0,4380              | 120               | 11,8—12,2       | 12,25                                 | 9,5                                    | 547                | 0,001264   | 0,01443             | Desgl.  |
| 266         | <i>Cladophora species</i>  | 13. 5. 1913 | 4 Std.              | 4,2                | 0,4166              | 120               | 11,8—12,2       | 10,85                                 | 8,55                                   | 537                | 0,001416   | 0,01428             | Ganze Pflanzen.   |
| 277         | "                          | 14. 5. 1913 | 1 Tag               | 7                  | 0,5551              | 209               | 9,6—12          | 11,7                                  | 7,8                                    | 557,5              | 0,0008274  | 0,01043             | Desgl.  |
| 55          | <i>Chondrus crispus</i>    | 30. 3. 1913 | 2 Tage              | 5                  | 0,7070              | 105               | 10,3—10,7       | 8,25                                  | 7,35                                   | 530                | 0,0004779  | 0,003388            | Ganze junge Pflanzen von 1—2 cm Länge, unverzweigt, Thalhus zylindrisch.                        |

|     |                                  |             |        |     |        |     |           |        |       |       |           |          |   |
|-----|----------------------------------|-------------|--------|-----|--------|-----|-----------|--------|-------|-------|-----------|----------|---|
| 56  | <i>Chondrus crispus</i>          | 30. 3. 1913 | 2 Tage | 5   | 0,9185 | 105 | 10,3—10,7 | 8,25   | 6,425 | 553,5 | 0,001012  | 0,005510 | Ganze Pflanzen, älter als in Vers. 55, reich verzweigt. Thallus flächenförmig. Keine Fortpflanzungsorgane.                                    |
| 92  | "                                | 31. 3. 1913 | 3 "    | 10  | —      | 165 | 13—13,2   | 10,05  | 6,45  | 571   | 0,0006529 | —        | Ganze Pflanzen wie in Vers. 56, teilweise fruktifizierend.  |
| 93  | "                                | 31. 3. 1913 | 3 "    | 10  | —      | 165 | 13—13,2   | 10,05  | 6,75  | 524   | 0,0005792 | —        | Desgl.  |
| 185 | "                                | 9. 4. 1913  | 1 Tag  | 5   | 0,6521 | 120 | 11,8—12,2 | 12,25  | 10,2  | 553,5 | 0,0009540 | 0,007315 | Ganze Pflanzen ohne Fruktifikation, verzweigt.  |
| 254 | <i>Chorda filum</i>              | 12. 5. 1913 | 1 "    | —   | 0,1831 | 120 | 9,4—10,0  | 11,575 | 10,35 | 571   | —         | 0,01838  | Ganze Pflanzen, enthalten Gas, das aber durch 24" Verdunkelung der Pflanzen vor dem Versuch O <sub>2</sub> -frei wurde. Sehr wenig Diatomeen. |
| 273 | "                                | 13. 5. 1913 | 2 Tage | 1,2 | 0,0880 | 120 | 11,8—12,2 | 10,85  | 9,85  | 553,5 | 0,002221  | 0,03028  | Desgl.  |
| 244 | <i>Chorda tomentosa</i>          | 11. 5. 1913 | 1 Tag  | 4,5 | 0,2816 | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 10,0  | 530   | 0,0005834 | 0,01243  | Ganze Pflanzen.   |
| 255 | "                                | 12. 5. 1913 | 2 Tage | —   | 0,4254 | 120 | 9,4—10    | 11,575 | 9,35  | 530   | —         | 0,008422 | Desgl.  |
| 256 | <i>Chordaria flagelliformis</i>  | 12. 5. 1913 | 2 "    | —   | 0,2766 | 120 | 9,4—10    | 11,575 | 10,35 | 530   | —         | 0,01130  | Ganze Pflanzen. Nicht ganz frei von Diatomeen.  |
| 245 | "                                | 11. 5. 1913 | 1 Tag  | 5,3 | 0,5198 | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 9,5   | 557,5 | 0,0009116 | 0,009296 | Desgl.  |
| 271 | "                                | 13. 5. 1913 | 1 "    | 3,2 | 0,2979 | 120 | 11,8—12,2 | 10,85  | 7,15  | 530   | 0,002951  | 0,03170  | Ganze Pflanzen, jünger als die in Vers. 245 und 256.  |
| 98  | <i>Cystoclonium purpurascens</i> | 31. 3. 1913 | 2 Tage | 10  | —      | 165 | 13—13,2   | 10,05  | 4,3   | 557,5 | 0,001018  | —        | Ganze Pflanzen.   |
| 99  | "                                | 31. 3. 1913 | 2 "    | 10  | —      | 165 | 13—13,2   | 10,05  | 4,4   | 550,5 | 0,0009880 | —        | Desgl.  |
| 287 | "                                | 15. 5. 1913 | 1 Tag  | 8   | 0,5019 | 120 | 12,2—12,5 | 11,075 | 9,1   | 571   | 0,0006788 | 0,01082  | Desgl.  |
| 49  | <i>Delesseria alata</i>          | 29. 3. 1913 | 1 "    | 5   | 0,6205 | 180 | 12,4—11   | 9,0    | 5,9   | 557,5 | 0,001086  | 0,008170 | Desgl.  |
| 50  | "                                | 29. 3. 1913 | 1 "    | 5   | 0,605  | 180 | 12,4—11,0 | 9,0    | 5,575 | 524   | 0,001077  | 0,008701 | Desgl.  |
| 123 | "                                | 4. 4. 1913  | 1 "    | 2,3 | —      | 120 | 12—12,6   | 12,875 | 11,3  | 530   | 0,001558  | —        | Nur junge Blätter.  |
| 241 | "                                | 11. 5. 1913 | 1 "    | 3,5 | 0,3677 | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 10,6  | 537   | 0,0006179 | 0,005882 | Ganze Pflanzen.   |
| 252 | "                                | 12. 5. 1913 | 2 Tage | —   | 0,1707 | 120 | 9,4—10    | 11,575 | 10,8  | 537   | —         | 0,01174  | Desgl.  |

| Versuch-Nr. | Alge                        | Datum       | Vor-<br>ge-<br>wärm | Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht | Versuchs-<br>zeit | Tempe-<br>ratur | O <sub>2</sub><br>vor<br>Ver-<br>such | O <sub>2</sub><br>nach<br>Ver-<br>such | Versuchs-<br>erfolg | O <sub>2</sub> veratmet in 1 Min.<br>von 1 g<br>Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht |   |
|-------------|-----------------------------|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------------|--|---------------------|--|---------------------|---|
| 284         | <i>Delesseria alata</i>     | 15. 5. 1913 | 1 Tag               | 3                  | 0,3322              | 120               | 12,2—12,5       | 11,075                                | 10,0                                   | 537                 | 0,0009266  | 0,008368            | Ganze Pflanzen.   |
| 47          | <i>Delesseria sanguinea</i> | 29. 3. 1913 | 1 "                 | 5                  | 0,3532              | 180               | 12,4—11,0       | 9,0                                   | 6,525                                  | 567,5               | 0,0008232  | 0,01183             | Junge Blätter von etwa 8 cm Länge. Angetriebenes Material.                                    |
| 48          | "                           | 29. 3. 1913 | 1 "                 | 5                  | 0,3659              | 180               | 12,4—11,0       | 9,0                                   | 6,775                                  | 571                 | 0,0007451  | 0,01018             | Desgl.  |
| 124         | "                           | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | —                   | 120               | 12—12,6         | 12,875                                | 9,12                                   | 553,5               | 0,001784   | —                   | Junge Blätter von 5 cm Länge. Gedredgt aus 7 m Tiefe.   |
| 138         | "                           | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 4                  | 0,2525              | 120               | 13—12,9         | 12,05                                 | 8,91                                   | 571                 | 0,001923   | 0,03046             | Desgl.  |
| 211         | "                           | 14. 4. 1913 | nicht               | 5                  | 0,3919              | 122               | 9,9—10,9        | 13,45                                 | 10,12                                  | 553,5               | 0,001450   | 0,01851             | Junge Blätter von einem angetriebenen Exemplar.   |
| 212         | "                           | 14. 4. 1913 | nicht               | 5                  | 0,4053              | 122               | 9,9—10,9        | 13,45                                 | 10,09                                  | 571                 | 0,001508   | 0,01861             | Desgl.  |
| 285         | "                           | 15. 5. 1913 | 1 Tag               | 6,5                | 0,5932              | 120               | 12,2—12,5       | 11,075                                | 8,95                                   | 524                 | 0,0008249  | 0,009039            | Blätter einer ausgewachsenen Pflanze. Gedredgt.   |
| 225         | "                           | 1. 5. 1913  | 2 Tage              | 3,5                | 0,3347              | 120               | 14—14           | 13,225                                | 11,65                                  | 510,5               | 0,001048   | 0,01095             | Vermutlich ausgewachsene Blätter der schwächlichen Ostseeform. Gedredgt. Kiel.                |
| 232         | "                           | 2. 5. 1913  | 3 "                 | 3,5                | 0,3347              | 112               | 14,5—15         | 13,05                                 | 11,2                                   | 510,5               | 0,001319   | 0,01375             | Desgl.  |
| 227         | <i>Delesseria sinuosa</i>   | 1. 5. 1913  | 2 "                 | 4                  | 0,4341              | 120               | 14—14           | 13,225                                | 11,35                                  | 489                 | 0,001045   | 0,01251             | Diesjährige Blätter. Stellenweise durch vereinzelt Diatomeen verunreinigt. Kiel.              |
| 233         | "                           | 2. 5. 1913  | 3 "                 | 4                  | 0,4341              | 111               | 14,5—15         | 13,05                                 | 11,3                                   | 489                 | 0,001055   | 0,009720            | Desgl.  |
| 175         | <i>Desmaretia aculeata</i>  | 9. 4. 1913  | 1 Tag               | 5                  | 0,5915              | 120               | 11,5—11         | 12,14                                 | 7,5                                    | 569                 | 0,002219   | 0,01876             | Dicht mit Haarbüscheln besetzte, etwa 10 cm lange Enden der Aste. Nicht völlig diatomeenfrei. |

|     |                                     |             |        |      |         |     |           |        |        |       |           |          |  |
|-----|-------------------------------------|-------------|--------|------|---------|-----|-----------|--------|--------|-------|-----------|----------|--|
| 189 | <i>Desmarestia aculeata</i> . . .   | 9. 4. 1913  | 1 Tag  | 5    | 0,5782  | 120 | 11,8—12,2 | 12,25  | 7,475  | 530   | 0,002128  | 0,01840  | Desgl.   |
| 272 | "                                   | 13. 5. 1913 | 4 Std. | 2,8  | —       | 120 | 11,8—12,2 | 10,85  | 8,6    | 557,5 | 0,002396  | —        | Desgl. ohne Diatomeen.   |
| 281 | "                                   | 14. 5. 1913 | 1 Tag  | 3    | 0,2493  | 209 | 9,6—12    | 11,7   | 8,0    | 530   | 0,001808  | 0,02226  | Desgl.   |
| 289 | "                                   | 15. 5. 1913 | 1 "    | 6    | 0,5189  | 120 | 12,2—12,5 | 11,075 | 6,8    | 557,5 | 0,001912  | 0,02211  | Desgl.   |
| 121 | "                                   | 3. 4. 1913  | 1 "    | 10   | 2,2449  | 120 | 12,4—13,0 | 11,93  | 8,1    | 571   | 0,0009385 | 0,003838 | Seitenzweige der Winterform der Alge ohne Haarbüschel.                             |
| 192 | "                                   | 3. 4. 1913  | 1 "    | 10   | 2,3505  | 120 | 12,4—13,0 | 11,93  | 8,3    | 569   | 0,0008864 | 0,003503 | Desgl.   |
| 274 | <i>Desmarestia viridis</i> . . .    | 13. 5. 1913 | 4 Std. | 3,2  | 0,2375  | 120 | 11,8—12,2 | 10,85  | 8,0    | 550,5 | 0,002361  | 0,03181  | Pflanzen ohne Hauptachse.  |
| 282 | "                                   | 14. 5. 1913 | 1 Tag  | 2    | 0,1272  | 209 | 9,6—12    | 11,7   | 9,9    | 557,5 | 0,001387  | 0,02181  | Desgl.   |
| 288 | "                                   | 15. 5. 1913 | 1 "    | 2,3  | 0,1218  | 120 | 12,2—12,5 | 11,075 | 9,85   | 530   | 0,001359  | 0,02567  | Desgl.   |
| 231 | "                                   | 1. 5. 1913  | 2 Tage | 2,4  | 0,13595 | 96  | 14—14     | 13,3   | 10,9   | 455   | 0,002075  | 0,03663  | Ganze Pflanzen. Kiel.  |
| 237 | "                                   | 2. 5. 1913  | 3 "    | 2,4  | 0,13595 | 108 | 14,5—15   | 13,05  | 11,325 | 477   | 0,001737  | 0,02290  | Desgl.   |
| 133 | <i>Duonotia filiformis</i> . . .    | 4. 4. 1913  | 1 Tag  | 5    | 0,2964  | 120 | 12—12,6   | 12,875 | 9,0    | 567,5 | 0,001858  | 0,03184  | Ganze Pflanzen. Verunreinigt durch wenig Diatomeen.                                |
| 135 | "                                   | 4. 4. 1913  | 1 "    | 5    | 0,2458  | 120 | 13—12,9   | 12,05  | 7,45   | 530   | 0,002093  | 0,03538  | Desgl.   |
| 242 | "                                   | 11. 5. 1913 | 1 "    | 12   | 0,7175  | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 8,8    | 571   | 0,0005499 | 0,009198 | Ganze Pflanzen.  |
| 253 | "                                   | 12. 5. 1913 | 2 Tage | —    | 0,3441  | 120 | 9,4—10    | 11,575 | 10,0   | 524   | —         | 0,01155  | Desgl.   |
| 270 | "                                   | 13. 5. 1913 | 4 Std. | 3    | 0,1530  | 120 | 11,8—12,2 | 10,85  | 10,0   | 530   | 0,0007231 | 0,01418  | Desgl.   |
| 286 | "                                   | 15. 5. 1913 | 1 Tag  | 7    | 0,3831  | 120 | 12,2—12,5 | 11,075 | 8,3    | 530   | 0,001012  | 0,01849  | Desgl.   |
| 230 | "                                   | 1. 5. 1913  | 2 Tage | 11,5 | 0,4921  | 120 | 14—14     | 13,225 | 6,425  | 477   | 0,001286  | 0,03005  | Ganze Pflanzen. Verunreinigt durch wenig Diatomeen. Kiel.                          |
| 236 | "                                   | 2. 5. 1913  | 3 "    | 11,5 | 0,4921  | 108 | 14,5—15   | 13,05  | 7,075  | 455   | 0,001198  | 0,02799  | Desgl.   |
| 294 | <i>Ectocarpus siliculosus</i> . . . | 14. 6. 1913 | 1 Tag  | 2,5  | 0,2461  | 148 | 9,5—9,5   | 12,15  | 9,3    | 460   | 0,001817  | 0,01847  | Ganze Pflanzen mit wenig Fortpflanzungsorganen, sind wohl schon angewachsen. Kiel. |
| 295 | "                                   | 14. 6. 1913 | 1 Tag  | 2,0  | 0,1432  | 149 | 9,5—9,5   | 12,15  | 9,92   | 510,5 | 0,001964  | 0,02743  | Desgl.   |
| 297 | "                                   | 14. 6. 1913 | 1 "    | 2,5  | 0,2151  | 151 | 9,5—9,5   | 12,15  | 9,65   | 477   | 0,001665  | 0,01936  | Desgl.   |

| Versuch-Nr. | Alge                          | Datum       | Vor-<br>ge-<br>wärt | Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht | Versuchs-<br>zeit | Tempe-<br>ratur | O <sub>2</sub><br>vor<br>Ver-<br>such | O <sub>2</sub><br>nach<br>Ver-<br>such | Versuchs-<br>erfolg | O <sub>2</sub> voratmet in 1 Min.<br>von 1 g<br>Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht | Alge   |
|-------------|-------------------------------|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------------|--|---------------------|--|---------------------|--|
| 298         | <i>Ectocarpus siliculosus</i> | 14. 6. 1913 | 1 Tag               | 1,5                | 0,1120              | 152               | 9,5—9,5         | 12,15                                 | 10,1                                   | 455                 | 0,002103   | 0,02817             | Ganze Pflanzen mit wenig Fortpflanzungsorganen, sind wohl schon ausgewachsen. Kiehl. |
| 299         | "                             | 14. 6. 1913 | 1 "                 | 2,5                | 0,2250              | 153               | 9,5—9,5         | 12,15                                 | 9,2                                    | 449,5               | 0,001782   | 0,01980             | Desgl.   |
| 300         | "                             | 15. 6. 1913 | 2 Tage              | =                  | 297                 | 134               | 9,75—9,75       | 12,25                                 | 9,5                                    | 460                 | 0,001941   | 0,02039             | Desgl.   |
| 301         | "                             | 15. 6. 1913 | 2 "                 | =                  | 295                 | 134               | 9,75—9,75       | 12,25                                 | 10,5                                   | 510,5               | 0,001714   | 0,02383             | Desgl.   |
| 303         | "                             | 15. 6. 1913 | 2 "                 | =                  | 297                 | 134               | 9,75—9,75       | 12,25                                 | 9,75                                   | 477                 | 0,001876   | 0,02181             | Desgl.   |
| 304         | "                             | 15. 6. 1913 | 2 "                 | =                  | 298                 | 134               | 9,75—9,75       | 12,25                                 | 10,5                                   | 455                 | 0,002036   | 0,02727             | Desgl.   |
| 305         | "                             | 15. 6. 1913 | 2 "                 | =                  | 299                 | 134               | 9,75—9,75       | 12,25                                 | 9,5                                    | 449,5               | 0,001897   | 0,02107             | Desgl.   |
| 268         | "                             | 13. 5. 1913 | 4 Std.              | 1,6                | 0,1693              | 120               | 11,8—12,2       | 10,85                                 | 6,9                                    | 571                 | 0,006787   | 0,06414             | Ganze Pflanzen.  |
| 280         | "                             | 14. 5. 1913 | 1 Tag               | 2,4                | 0,2640              | 209               | 9,6—12          | 11,7                                  | 7,0                                    | 530                 | 0,002876   | 0,02609             | Desgl.   |
| 267         | <i>Ectocarpus tomentosus</i>  | 13. 5. 1913 | 4 Std.              | 2,2                | —                   | 120               | 11,8—12,2       | 10,85                                 | 8,75                                   | 524                 | 0,002408   | —                   | Desgl.   |
| 279         | "                             | 14. 5. 1913 | 1 Tag               | 1,9                | 0,1906              | 209               | 9,6—12          | 11,7                                  | 9,85                                   | 571                 | 0,001537   | 0,01006             | Desgl.   |
| 167         | <i>Enteromorpha compressa</i> | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | 0,2388              | 120               | 11,5—11         | 12,14                                 | 9,41                                   | 553,5               | 0,001270   | 0,02660             | Ganze Pflanzen von 10—11 cm Länge.   |
| 179         | "                             | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | 0,2319              | 120               | 11,8—12,2       | 12,25                                 | 9,31                                   | 567,5               | 0,001402   | 0,03024             | Desgl.   |
| 290         | "                             | 15. 5. 1913 | 1 "                 | 5                  | 0,3535              | 120               | 12,2—12,5       | 11,075                                | 8,8                                    | 555,5               | 0,001213   | 0,01715             | Ganze Pflanzen von verschiedener Länge.  |
| 291         | "                             | 15. 5. 1913 | 1 "                 | 4,4                | 0,3051              | 120               | 12,2—12,5       | 11,075                                | 8,85                                   | 550,5               | 0,001341   | 0,01933             | Desgl.   |
| 166         | <i>Enteromorpha Linza</i>     | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | 0,6940              | 120               | 11,5—11         | 12,14                                 | 5,175                                  | 530                 | 0,003103   | 0,02236             | Ganze Pflanzen.  |
| 178         | "                             | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | —                   | 120               | 11,8—12,2       | 12,25                                 | 4,2                                    | 524                 | 0,003546   | —                   | Desgl.   |
| 247         | "                             | 11. 5. 1913 | 1 "                 | 3,7                | 0,3652              | 140               | 8,5—9,5         | 11,6                                  | 7,45                                   | 550,5               | 0,002549   | 0,02582             | Ganze Pflanzen. Lebhaftes Zoosporenbildung.  |
| 261         | "                             | 12. 5. 1913 | 2 Tage              | 3,5                | 0,2353              | 120               | 9,4—10          | 11,575                                | 8,6                                    | 569                 | —  | 0,03464             | Desgl.   |

|     |                           |       |             |        |     |        |     |           |       |        |       |           |          |   |
|-----|---------------------------|-------|-------------|--------|-----|--------|-----|-----------|-------|--------|-------|-----------|----------|---|
| 276 | <i>Enteromorpha Linza</i> | . . . | 13. 5. 1913 | 4 Std. | 2,3 | 0,2436 | 120 | 11,8—12,2 | 10,85 | 9,6    | 569   | 0,001489  | 0,01406  | Ganze Pflanzen.   |
| 278 | "                         | . . . | 14. 5. 1913 | 1 Tag  | 2,6 | 0,3051 | 209 | 9,6—12    | 11,7  | 7,8    | 524   | 0,002173  | 0,01852  | Desgl.  |
| 33  | <i>Fucus platycarpus</i>  | . . . | 26. 3. 1913 | 2 Tage | 10  | 1,3611 | 164 | 11,4—12,2 | 9,45  | 6,975  | 530   | 0,0004284 | 0,003147 | Ganze Pflanzen mit der höchsten Spritzzone. Durch Brandung stark zer-rissen.  |
| 34  | "                         | . . . | 26. 3. 1913 | 2 "    | 10  | 1,3878 | 164 | 11,4—12,2 | 9,45  | 7,1    | 569   | 0,0004366 | 0,003146 | Desgl.  |
| 154 | "                         | . . . | 5. 4. 1913  | 2 "    | 20  | —      | 120 | 11,4—12,0 | 11,95 | 5,625  | 569   | 0,0007696 | —        | Konzeptakelfreie Pflanzen ohne Stiel verwendet. Aus der Spritzzone.   |
| 155 | "                         | . . . | 5. 4. 1913  | 2 "    | 20  | 4,2863 | 120 | 11,4—12,0 | 11,95 | 6,0    | 537,5 | 0,0006838 | 0,003190 | Desgl.  |
| 217 | "                         | . . . | 14. 4. 1913 | nicht  | 5   | 0,5045 | 122 | 9,9—10,9  | 13,45 | 11,31  | 524   | 0,0009096 | 0,009016 | Ganze Pflanzen frei von Konzeptakeln aus der Spritzzone. Zwischen <i>Fucus serratus</i> wachsend. Sehr breitblabige Form. |
| 218 | "                         | . . . | 14. 4. 1913 | nicht  | 5   | 0,5418 | 122 | 9,9—10,9  | 13,45 | 10,975 | 557,5 | 0,001111  | 0,01026  | Desgl.  |
| 25  | "                         | . . . | 25. 3. 1913 | 1 Tag  | 5   | 0,7547 | 120 | 11—12,2   | 12,0  | 10,55  | 567,5 | —         | —        | = Vers. 33.   |
| 26  | "                         | . . . | 25. 3. 1913 | 1 "    | 5   | 0,7153 | 120 | 11—12,2   | 12,0  | 10,8   | 570   | —         | —        | Desgl.  |
| 63  | <i>Fucus serratus</i>     | . . . | 30. 3. 1913 | 2 Tage | 5   | 0,6230 | 105 | 10,3—10,7 | 8,25  | 6,925  | 571   | 0,001273  | 0,01022  | Ganze junge Pflanzen von 5—10 cm Länge.   |
| 64  | "                         | . . . | 30. 3. 1913 | 2 "    | 5   | —      | 105 | 10,3—10,7 | 8,25  | 6,1    | 567,5 | 0,001222  | —        | Desgl.  |
| 118 | "                         | . . . | 3. 4. 1913  | 1 Tag  | 10  | 1,0273 | 120 | 12,4—13,0 | 11,93 | 9,0    | 553,5 | 0,0006960 | 0,006776 | 6 cm lange vegetative Enden großer Konzeptakelrungen der Pflanzen.  |
| 119 | "                         | . . . | 3. 4. 1913  | 1 "    | 10  | 1,1011 | 120 | 12,4—13,0 | 11,93 | 8,95   | 547   | 0,0006996 | 0,006354 | Desgl.  |
| 213 | "                         | . . . | 14. 4. 1913 | nicht  | 5   | 0,6904 | 122 | 9,9—10,9  | 13,45 | 11,83  | 571   | 0,0007503 | 0,005434 | Vegetative Enden von großen Pflanzen, die noch nicht fruktifiziert haben.   |
| 214 | "                         | . . . | 14. 4. 1913 | nicht  | 5   | 0,7124 | 122 | 9,9—10,9  | 13,45 | 11,625 | 550,5 | 0,0007794 | 0,005471 | Desgl.  |
| 588 | "                         | . . . | 28. 7. 1914 | nicht  | 10  | —      | 240 | 15,5—15,5 | 9,830 | 4,825  | 530   | 0,0005703 | —        | Vegetative Enden.   |
| 589 | "                         | . . . | 28. 7. 1914 | nicht  | 10  | —      | 240 | 15,5—15,5 | 9,830 | 4,975  | 537   | 0,0005736 | —        | Desgl.  |

| Versuch-Nr. | Alge                          | Datum       | Vor-<br>ge-<br>wärt | Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht | Versuchs-<br>zeit | Tempe-<br>ratur | O <sub>2</sub><br>vor<br>Ver-<br>such | O <sub>2</sub><br>nach<br>Ver-<br>such | Versuchs-<br>gefäß | O <sub>2</sub> veratmet in 1 Min.<br>von 1 g<br>Frisch-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht |  |
|-------------|-------------------------------|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------------|--|--------------------|--|---------------------|--|
| 120         | <i>Fucus serratus</i>         | 3. 4. 1913  | 1 Tag               | 10                 | 1,0907              | 120               | 12,4—13,0       | 11,53                                 | 9,65                                   | 530                | 0,0005168  | 0,004755            | Konzeptakeln.  |
| 590         | "                             | 28. 7. 1914 | nicht               | 10                 | —                   | 240               | 16,5—15,5       | 9,830                                 | 6,725                                  | 557,5              | 0,0003719  | —                   | Desgl.   |
| 591         | "                             | 28. 7. 1914 | "                   | 10                 | —                   | 240               | 15,5—15,5       | 9,830                                 | 7,025                                  | 571                | 0,0003443  | —                   | Desgl.   |
| 65          | "                             | 30. 3. 1913 | 2 Tage              | 5                  | —                   | 105               | 10,3—10,7       | 8,25                                  | 6,425                                  | 550,5              | 0,001007   | —                   | Kleinghaackte junge<br>Pflanzen.   |
| 66          | "                             | 30. 3. 1913 | 2 "                 | 5                  | —                   | 105               | 10,3—10,7       | 8,25                                  | 6,6                                    | 569                | 0,0009407  | —                   | Desgl.   |
| 592         | "                             | 28. 7. 1914 | nicht               | 10                 | —                   | 240               | 15,5—15,5       | 9,830                                 | 6,425                                  | 567,5              | 0,0004154  | —                   | Kleinghaackte Thal-<br>lusenden.   |
| 593         | "                             | 28. 7. 1914 | "                   | 10                 | —                   | 240               | 15,5—15,5       | 9,830                                 | 5,975                                  | 550,5              | 0,0004562  | —                   | Wenige em lange<br>wachsende Enden<br>der Pflanzen ohne<br>Blasen und Kon-<br>zeptakeln. |
| 35          | <i>Fucus vesiculosus</i>      | 26. 3. 1913 | 2 Tage              | 10                 | 1,4077              | 165               | 11,4—12,2       | 9,45                                  | 5,625                                  | 524                | 0,0006503  | 0,004620            | Desgl.   |
| 36          | "                             | 26. 3. 1913 | 2 "                 | 10                 | 1,2088              | 166               | 11,4—12,2       | 9,45                                  | 5,8                                    | 550,5              | 0,0006482  | 0,005366            | Desgl.   |
| 153         | "                             | 5. 4. 1913  | 2 "                 | 20                 | —                   | 120               | 11,4—12,0       | 11,95                                 | 5,3                                    | 550,5              | 0,0007828  | —                   | Desgl.   |
| 215         | "                             | 14. 4. 1913 | nicht               | 5                  | 0,6903              | 122               | 9,9—10,9        | 13,45                                 | 11,29                                  | 547                | 0,0009586  | 0,006944            | Desgl.   |
| 216         | "                             | 14. 4. 1913 | "                   | 5                  | 0,7132              | 122               | 9,9—10,9        | 13,45                                 | 11,65                                  | 567,5              | 0,0008471  | 0,005939            | Desgl.   |
| 152         | "                             | 5. 4. 1913  | 2 Tage              | 15                 | 4,5362              | 120               | 11,4—12         | 11,95                                 | 9,08                                   | 530                | 0,0004336  | 0,001401            | Thallusstiele ohne<br>Blätter.   |
| 27          | <i>Furcellaria fastigiata</i> | 26. 3. 1913 | 2 "                 | 10                 | 0,7833              | 157               | 11,4—12,2       | 9,45                                  | 6,475                                  | 553,5              | 0,0005616  | 0,005616            | Junge Thallusenden<br>von 1/2—3 cm<br>Länge.   |
| 28          | "                             | 26. 3. 1913 | 2 "                 | 10                 | 0,8049              | 159               | 11,4—12,2       | 9,45                                  | 6,57                                   | 537                | 0,0005209  | 0,006472            | Desgl.   |
| 127         | "                             | 4. 4. 1913  | 1 Tag               | 5                  | —                   | 120               | 12—12,6         | 12,875                                | 11,42                                  | 524                | 0,0006543  | —                   | Desgl.<br>Sehr kräftige Pflan-<br>zen aus 7 m Tiefe<br>gedregt.                          |
| 144         | "                             | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 5                  | 0,4248              | 121               | 13—12,9         | 12,05                                 | 10,51                                  | 567,5              | 0,0007368  | 0,008672            | Junge Thallusenden<br>von Pflanzen aus<br>der Gezeitengrenze.                            |

|     |                               |             |        |     |        |     |           |        |        |       |            |           |   |
|-----|-------------------------------|-------------|--------|-----|--------|-----|-----------|--------|--------|-------|------------|-----------|---|
| 228 | <i>Furcellaria fastigiata</i> | 1. 5. 1913  | 2 Tage | 8,2 | 0,7369 | 120 | 14—14     | 13,225 | 10,925 | 449,5 | 0,0005749  | 0,0006398 | Wachsende Spitzen<br>der schmächtigen<br>Ostseeform. Kiel.<br>Desgl.  |
| 234 | "                             | 2. 5. 1913  | 3 "    | 8,2 | 0,7369 | 109 | 14,5—15   | 13,05  | 11,4   | 449,5 | 0,0004542  | 0,005055  |   |
| 57  | <i>Halidrys siliquosa</i>     | 30. 3. 1913 | 3 "    | 10  | 1,5615 | 105 | 10,3—10,7 | 8,25   | 4,775  | 530   | 0,0009229  | 0,005909  | 5—10 cm lange En-<br>den der Pflanzen<br>mit Konzeptakeln.  |
| 58  | "                             | 30. 3. 1913 | 3 "    | 10  | 1,5709 | 105 | 10,3—10,7 | 8,25   | 5,15   | 524   | 0,0008139  | 0,005181  | Desgl.  |
| 196 | <i>Laminaria digitata</i>     | 10. 4. 1913 | 2 "    | 10  | 0,9190 | 120 | 10,2—11,4 | 13,30  | 11,65  | 537   | 0,0003698  | 0,004024  | Wachsender basaler<br>Teil von 2 1/2 m lan-<br>gen Pflanzen.  |
| 197 | "                             | 10. 4. 1913 | 2 "    | 10  | 0,8651 | 120 | 10,2—11,4 | 13,30  | 11,95  | 553,5 | 0,0003118  | 0,003604  | Desgl.  |
| 84  | <i>Laminaria hyperborea</i>   | 31. 3. 1913 | nicht  | 20  | 1,7140 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 1,175  | 550,5 | 0,00009418 | 0,001121  | Junges diesjähriges<br>Stielstück der<br>Pflanze.   |
| 85  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 1,9630 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 1,150  | 557,5 | 0,00009334 | 0,0009488 | Desgl.  |
| 86  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 2,2144 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 0,375  | 577   | 0,00002932 | 0,0002647 | Altes vorjähriges<br>Stielstück.  |
| 87  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 1,8557 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 0,325  | 530   | 0,00002683 | 0,0002881 | Desgl.  |
| 88  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 1,9272 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 0,525  | 530   | 0,00004051 | 0,0004203 | Altes vorjähriges<br>Stielstück. Der<br>zylindrische Stiel<br>durch zwei senk-<br>recht aufeinander<br>stehende Längs-<br>schnitte in vier<br>gleiche Teile zer-<br>legt. |
| 89  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 1,9346 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 0,525  | 547   | 0,00004181 | 0,0004322 | Desgl.  |
| 90  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 1,7757 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 0,325  | 524   | 0,00002479 | 0,0002793 | Altes vorjähriges<br>Stielstück. Ge-<br>schält.   |
| 91  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | —      | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 0,265  | 571   | 0,00002172 | —         | Desgl.  |
| 80  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 0,6150 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 5,065  | 530   | 0,0003908  | 0,01271   | Junges diesjähriges<br>Laub.  |
| 81  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 0,5185 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 5,175  | 553   | 0,0004170  | 0,01609   | Desgl.  |
| 82  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 0,6452 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 3,975  | 569   | 0,0003044  | 0,009436  | Altes vorjähriges<br>Laub von derselben<br>Pflanze wie in Vers.<br>80. 81.  |
| 83  | "                             | 31. 3. 1913 | "      | 20  | 0,6589 | 180 | 13,4—13,2 | 9,375  | 3,550  | 553,5 | 0,0002860  | 0,008683  | Desgl.  |

| Versuch-Nr. | Alge                        | Datum       | Vor-ge-wärmt | Frisch-gewicht <sup>g</sup> | Trocken-gewicht <sup>g</sup> | Versuchs-zeit <sup>Min.</sup> | Tempe-ratur | O <sub>2</sub> vor Ver-such | O <sub>2</sub> nach Ver-such | Versuchs-gefäß | O <sub>2</sub> veratmet in 1 Min. von 1 g Frisch-gewicht | Trocken-gewicht |   |
|-------------|-----------------------------|-------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|--|-----------------|---|
| 114         | <i>Laminaria phyllitis</i>  | 3. 4. 1913  | 3 Tage       | 10                          | 0,6689                       | 120                           | 12,4—13     | 11,93                       | 7,6                          | 553,5          | 0,001028   | 0,01537         | Ganze Pflanzen von 10 cm Länge, an Rande noch eine schmale ebenschie-tige Zone.   |
| 115         | "                           | 3. 4. 1913  | 3 "          | 10                          | 0,6983                       | 120                           | 12,4—13     | 11,93                       | 6,6                          | 550,5          | 0,001259   | 0,01803         | Desgl.  |
| 176         | "                           | 9. 4. 1913  | 1 Tag        | 5                           | 0,2793                       | 120                           | 11,5—11,0   | 12,14                       | 10,4                         | 567,5          | 0,0008301  | 0,01486         | 10 Pflänzchen von 20 cm Länge.  |
| 177         | "                           | 9. 4. 1913  | 1 "          | 5                           | 0,3352                       | 120                           | 11,5—11,0   | 12,14                       | 10,32                        | 524            | 0,0008018  | 0,01196         | 2 Pflanzen von 1/2 m Länge.   |
| 191         | "                           | 10. 4. 1913 | 2 Tage       | 10                          | 0,5096                       | 120                           | 10,2—11,4   | 13,30                       | 9,8                          | 567,5          | 0,0008292  | 0,01627         | Ganze Pflanzen<br>= 114.  |
| 249         | "                           | 11. 5. 1913 | 2 "          | 6                           | 0,3797                       | 140                           | 8,5—9,5     | 11,6                        | 9,3                          | 569            | 0,0009001  | 0,01423         | Ganze Pflanzen,<br>15 cm lang.  |
| 194         | <i>Laminaria saccharina</i> | 10. 4. 1913 | 2 "          | 10                          | 0,6334                       | 120                           | 10,2—11,4   | 13,30                       | 9,725                        | 550,5          | 0,0008446  | 0,01333         | Basaler Teil des Blat-tes einer 2 m langen Pflanze.                               |
| 195         | "                           | 10. 4. 1913 | 2 "          | 10                          | —                            | 120                           | 10,2—11,4   | 13,3                        | 9,55                         | 571            | 0,0008936  | —               | Desgl.  |
| 251         | <i>Monostroma Grevillei</i> | 11. 5. 1913 | 1 Tag        | 5,3                         | 0,3562                       | 140                           | 8,5—9,5     | 11,6                        | 8,45                         | 547            | 0,001342   | 0,01997         | Ganze Pflanzen von 8 cm Länge, Enden Zoosporen bildend.<br>Ganz wenig Diato-meen. |
| 262         | "                           | 12. 5. 1913 | 2 Tage       | —                           | 0,2325                       | 120                           | 9,4—10,0    | 11,575                      | 9,0                          | 553,5          | —  | 0,02952         | Desgl.  |
| 134         | <i>Phyllitis Fasciu</i>     | 4. 4. 1913  | 1 Tag        | 2,4                         | 0,2499                       | 120                           | 12—12,6     | 12,875                      | 8,875                        | 547            | 0,003913   | 0,03758         | Ganze Pflanzen.<br>Durch Fadenbakte-rien etwas verun-reinigt.                     |
| 141         | "                           | 4. 4. 1913  | 1 "          | 2,3                         | 0,2264                       | 120                           | 13—12,9     | 12,05                       | 8,2                          | 530            | 0,003808   | 0,03868         | Desgl.  |
| 125         | <i>Phyllophora Brodiaei</i> | 4. 4. 1913  | 1 "          | 5                           | 0,4659                       | 120                           | 12—12,6     | 12,875                      | 10,5                         | 537            | 0,001095   | 0,01175         | Dreijährige Blätter.  |
| 142         | "                           | 4. 4. 1913  | 1 "          | 5                           | 0,3766                       | 120                           | 13—12,9     | 12,05                       | 10,4                         | 550,5          | 0,0007797  | 0,01035         | Desgl.  |

|     |                               |             |        |     |        |     |           |        |        |           |          |   |
|-----|-------------------------------|-------------|--------|-----|--------|-----|-----------|--------|--------|-----------|----------|---|
| 51  | <i>Placodium coccineum</i>    | 29. 3. 1913 | 1 Tag  | 5   | 0,3779 | 180 | 12,4—11,0 | 9,0    | 7,35   | 0,0005249 | 0,006788 | Ganze Pflanzen.<br>Angetriebenes Ma-<br>terial.                             |
| 52  | "                             | 29. 3. 1913 | 1 "    | 5   | 0,3811 | 180 | 12,4—11,0 | 9,0    | 7,15   | 0,0005886 | 0,007548 | Desgl.  |
| 263 | "                             | 12. 5. 1913 | 1 "    | —   | 0,3040 | 120 | 9,4—10    | 11,575 | 10,925 | 547       | 0,008839 | Desgl.  |
| 187 | <i>Pogonichum fliforme</i>    | 9. 4. 1913  | 1 "    | 5   | —      | 120 | 11,8—12,2 | 12,25  | 7,8    | 0,002085  | —        | Ganze Pflanzen.   |
| 188 | "                             | 9. 4. 1913  | 1 "    | 5   | 0,2966 | 120 | 11,8—12,2 | 12,25  | 7,95   | 0,002057  | 0,03467  | Desgl.  |
| 126 | <i>Polypites rotundus</i>     | 4. 4. 1913  | 1 "    | 5   | 0,4333 | 120 | 12—12,6   | 12,875 | 11,62  | 0,0006149 | 0,007096 | 1/2—1 em lange End-<br>triebe, diesjährig.                                  |
| 143 | "                             | 4. 4. 1913  | 1 "    | 5   | 0,7100 | 120 | 13—12,9   | 12,05  | 10,6   | 0,0007082 | 0,004987 | Ganze Pflanzen.   |
| 246 | <i>Polysiphonia urceolata</i> | 11. 5. 1913 | 1 "    | 4   | 0,3460 | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 10,3   | 0,0007423 | 0,008582 | Desgl.<br>Bilden Tetrasporen.   |
| 257 | "                             | 12. 5. 1913 | 2 Tage | —   | 0,2560 | 120 | 9,4—10    | 11,575 | 10,75  | —         | 0,008652 | Desgl.  |
| 275 | "                             | 13. 5. 1913 | 4 Std. | 4,5 | 0,3231 | 120 | 11,8—12,2 | 10,85  | 8,0    | 0,001731  | 0,02410  | Ganze Pflanzen.   |
| 283 | "                             | 14. 5. 1913 | 1 Tag  | 4,6 | 0,2850 | 209 | 9,6—12    | 11,7   | 7,9    | 0,001264  | 0,02041  | Desgl.  |
| 171 | "                             | 9. 4. 1913  | 1 "    | 5   | 0,3305 | 120 | 11,5—11   | 12,14  | 9,3    | 0,001265  | 0,01914  | Desgl.  |
| 183 | "                             | 9. 4. 1913  | 1 "    | 5   | 0,3869 | 120 | 11,8—12,2 | 12,25  | 8,4    | 0,001738  | 0,02246  | Desgl.  |
| 116 | <i>Porphyra leucosticta</i>   | 3. 4. 1913  | 1 "    | 10  | 1,4324 | 120 | 12,4—13   | 11,93  | 3,2    | 0,002113  | 0,01475  | Desgl.  |
| 117 | "                             | 3. 4. 1913  | 1 "    | 10  | 1,3218 | 120 | 12,4—13   | 11,93  | 4,0    | 0,001828  | 0,01383  | Desgl.  |
| 129 | "                             | 4. 4. 1913  | 2 Tage | 5   | 0,5458 | 120 | 12—12,6   | 12,875 | 8,56   | 0,001963  | 0,01798  | Desgl.  |
| 139 | "                             | 4. 4. 1913  | 2 "    | 5   | 0,5807 | 120 | 13—12,9   | 12,05  | 7,5    | 0,002046  | 0,01764  | Desgl.  |
| 158 | "                             | 5. 4. 1913  | 3 "    | 5   | 0,5368 | 120 | 11,4—12   | 11,95  | 8,2    | 0,001680  | 0,01565  | Desgl.  |
| 161 | "                             | 7. 4. 1913  | 5 "    | 5   | —      | 120 | 10,6—11,1 | 12,3   | 9,79   | 0,001221  | —        | Desgl.  |
| 172 | "                             | 9. 4. 1913  | 1 Tag  | 5   | 0,6214 | 120 | 11,5—11   | 12,14  | 8,91   | 0,001495  | 0,01203  | Ganze Pflanzen, 20<br>junge Exemplare.                                      |
| 173 | "                             | 9. 4. 1913  | 7 Tage | 5   | 0,6484 | 120 | 11,5—11   | 12,14  | 8,25   | 0,001758  | 0,01356  | Eine große Pflanze.   |
| 190 | "                             | 10. 4. 1913 | 2 "    | 5   | 0,6240 | 120 | 10,2—11,4 | 13,3   | 9,3    | 0,001702  | 0,01370  | Mehrere mittl. grobe<br>Pflanzen.   |
| 250 | "                             | 11. 5. 1913 | 1 Tag  | 5   | 0,5285 | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 9,55   | 0,0009367 | 0,009945 | Ganze Pflanzen.<br>Etwa 1/50 der Fläche<br>durch Diatomeen<br>verunreinigt. |
| 248 | <i>Pundaria</i>               | 11. 5. 1913 | 2 Tage | 5,7 | 0,7354 | 140 | 8,5—9,5   | 11,6   | 9,0    | 0,001069  | 0,008264 | Ganze Pflanzen.<br>Durch Brandung<br>schwach verletz.                       |

| Versuch-Nr. | Alge                           | Datum       | Vor-<br>ge-<br>wärm | Frisc-<br>gewicht <sup>3</sup> | Trocken-<br>gewicht <sup>3</sup> | Versuchs-<br>zeit<br>Min. | Tempe-<br>ratur | O <sub>2</sub><br>vor<br>Ver-<br>such | O <sub>2</sub><br>nach<br>Ver-<br>such | Versuchs-<br>erfolg | O <sub>2</sub> veratmet in 1 Min.<br>von 1 g<br>Frisc-<br>gewicht | Trocken-<br>gewicht |   |
|-------------|--------------------------------|-------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|--|---------------------|---|---------------------|---|
| 259         | <i>Punctaria</i>               | 12. 5. 1913 | 3 Tage              | —                              | 0,3031                           | 120                       | 9,4—10,0        | 11,575                                | 10,0                                   | 550,5               | —   | 0,01378             | Ganze Pflanzen.<br>Durch Brandung<br>schwach verletzt.  |
| 260         | "                              | 12. 5. 1913 | 3 "                 | —                              | 0,2560                           | 120                       | 9,4—10,0        | 11,575                                | 10,2                                   | 567,5               | —   | 0,01468             | Desgl.  |
| 132         | <i>Rhodomela subfusca</i>      | 4. 4. 1913  | 1 Tag               | 5                              | 0,3696                           | 121                       | 12—12,6         | 12,875                                | 8,9                                    | 569                 | 0,001941  | 0,02626             | Basis der Pflanzen<br>nicht mitverwendet.   |
| 133         | "                              | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 5                              | 0,3997                           | 120                       | 13,0—12,9       | 12,05                                 | 7,3                                    | 537                 | 0,002189  | 0,02739             |   |
| 174         | <i>Scytosiphon tomentosus</i>  | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                              | 0,2380                           | 120                       | 11,5—11         | 12,14                                 | 9,53                                   | 547                 | 0,001200  | 0,02521             | Ganze Pflanzen von<br>5—10 cm Länge,<br>noch ohne „Kno-<br>ten“ und fast ohne<br>Luftblasen. Nicht<br>ganz frei von Dia-<br>tomeen. |
| 193         | "                              | 10. 4. 1913 | 2 Tage              | 5                              | 0,1864                           | 120                       | 10,2—11,4       | 13,30                                 | 9,30                                   | 547                 | 0,001826  | 0,04900             | Desgl.<br>Stand vor Versuch<br>24 <sup>h</sup> Stunden, da-<br>durch aller O <sub>2</sub> aus<br>den Blasen ver-<br>atmet.          |
| 145         | <i>Ulothrix flacca</i>         | 4. 4. 1913  | 1 Tag               | 5                              | 0,6049                           | 120                       | 13—12,9         | 12,05                                 | 6,275                                  | 567,5               | 0,002813  | 0,02325             | Ganze Pflanzen.   |
| 146         | "                              | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 2,8                            | 0,3059                           | 121                       | 13—12,9         | 12,05                                 | 8,08                                   | 547                 | 0,003328  | 0,03046             | Desgl.  |
| 130         | <i>Ulva Lactuca</i>            | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 5                              | 0,6894                           | 120                       | 12—12,6         | 12,875                                | 5,2                                    | 550,5               | 0,003627  | 0,02630             | Desgl.  |
| 140         | "                              | 4. 4. 1913  | 1 "                 | 5                              | 0,7213                           | 120                       | 13—12,9         | 12,05                                 | 4,65                                   | 553,5               | 0,003515  | 0,02436             | Desgl.  |
| 170         | <i>Urospora penicillioides</i> | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                              | 0,4936                           | 120                       | 11,5—11         | 12,14                                 | 6,75                                   | 553,5               | 0,002508  | 0,02540             | Desgl.  |
| 182         | "                              | 9. 4. 1913  | 1 "                 | 5                              | 0,5119                           | 120                       | 11,8—12,2       | 12,25                                 | 6,27                                   | 571                 | 0,002870  | 0,02803             |   |

## Anhang II.

### Protokolle der Versuche über die Wirkung der Temperatur auf Assimilation und Atmung.

| Versuchs-Nr. | Alge   | Datum       | Frish-<br>ge-<br>wicht<br>g | Ver-<br>suchs-<br>zeit<br>Min. | Licht     | Tempe-<br>ratur vor<br>Versuch | Temperatur<br>während<br>Versuchs | O <sub>2</sub><br>vor<br>Versuch | O <sub>3</sub><br>nach<br>Versuch | Ver-<br>suchs-<br>gefäß | O <sub>2</sub><br>Austausch |
|--------------|--|-------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 567          | <i>Cladophora X</i> aus Süß-<br>wasser . . . . . | 14. 7. 1914 | 1,4                         | 56                             | Auerlampe | 22,75                          | 22,75—22,25                       | 4,3                              | 5,2                               | 632                     | + 0,003986                  |
| 568          | Exemplar von 567 . . . . .                       | 14. 7. 1914 | 1,4                         | 82                             | "         | 22,25                          | + 3                               | 7,33                             | 8,20                              | 632                     | + 0,002693                  |
| 569          | Desgl. . . . .                                   | 14. 7. 1914 | 1,4                         | 105                            | dunkel    | + 3                            | 22,5—23,0                         | 11,2                             | 7,975                             | 462                     | - 0,006777                  |
| 570          | Desgl. . . . .                                   | 14. 7. 1914 | 1,4                         | 116                            | "         | 23                             | + 2 bis + 4                       | 13,175                           | 12,525                            | 483                     | - 0,001683                  |
| 572          | <i>Cladophora Y</i> aus Süß-<br>wasser . . . . . | 17. 7. 1914 | 2,1                         | 144                            | Auerlampe | 16                             | 19,5—17                           | 0,7                              | 1,05                              | 632                     | + 0,0007810                 |
| 573          | Exemplar von 572 . . . . .                       | 17. 7. 1914 | 2,1                         | 173                            | "         | 17                             | + 3 bis + 2                       | 1,85                             | 2,075                             | 632                     | + 0,0005132                 |
| 574          | Desgl. . . . .                                   | 17. 7. 1914 | 2,1                         | 85                             | dunkel    | + 2                            | + 2,5 bis + 4                     | 13,025                           | 12,65                             | 483                     | - 0,005574                  |
| 575          | Desgl. . . . .                                   | 17. 7. 1914 | 2,1                         | 85                             | "         | + 4                            | 20,5—20,5                         | 10,35                            | 9,05                              | 462                     | - 0,01848                   |
| 580          | <i>Cladophora Y</i> . . . . .                    | 20. 7. 1914 | 1,3                         | 136                            | "         | 18                             | 20,25—20,5                        | 10,825                           | 7,300                             | 462                     | - 0,005110                  |
| 581          | Exemplar von 580 . . . . .                       | 20. 7. 1914 | 1,3                         | 97                             | Auerlampe | 20,5                           | 21,5—23,5                         | 9,250                            | 9,95                              | 680                     | + 0,002187                  |
| 583          | Desgl. . . . .                                   | 20. 7. 1914 | 1,3                         | 81                             | dunkel    | 23,5                           | + 2 bis + 2                       | 13,375                           | 12,910                            | 680                     | - 0,001685                  |
| 584          | Desgl. . . . .                                   | 20. 7. 1914 | 1,3                         | 58                             | Auerlampe | + 2                            | + 3,5 bis + 2,5                   | 8,25                             | 8,950                             | 680                     | - 0,003469                  |

| Versuchs-Nr. | Alge   | Datum       | Frisch-<br>ge-<br>wicht<br>g | Ver-<br>suchs-<br>zeit<br>Min. | Licht                                | Tempe-<br>ratur vor<br>Versuch | Temperatur<br>während<br>Versuchs | O <sub>2</sub><br>vor<br>Versuch | O <sub>2</sub><br>nach<br>Versuch | Ver-<br>suchs-<br>gefäß | O <sub>2</sub><br>Austausch |
|--------------|--|-------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 600          | <i>Fucus serratus</i> (vege-<br>tative Thallusenden) | 29. 7. 1914 | 12,7                         | 137                            | dunkel                               | 16                             | 15,25—16,0                        | 9,7                              | 6,0                               | 530                     | -0,00006227                 |
| 601          | Exemplare von 600 .                                  | 29. 7. 1914 | 12,7                         | 96                             | "                                    | 16                             | + 6 bis + 2,5                     | 10,1                             | 7,825                             | 530                     | -0,0005127                  |
| 602          | Desgl. . . . .                                       | 29. 7. 1914 | 12,7                         | 117                            | "                                    | + 2,5                          | 16,5—16,5                         | 9,625                            | 6,4                               | 530                     | -0,00006030                 |
| 603          | <i>Fucus serratus</i> . .                            | 30. 7. 1914 | etwa<br>10                   | 176                            | 100<br>Kerzen in<br>65 cm<br>Abstand | 17                             | 17,0—17,5                         | 4,9                              | 5,0                               | 725                     | +0,0002125                  |
| 604          | Exemplare von 603 .                                  | 30. 7. 1914 | etwa<br>10                   | 137                            | "                                    | 17,5                           | zwischen<br>0 und + 4             | 7,75                             | 9,3                               | 725                     | +0,004232                   |
| 605          | Material wie 603, aber<br>andere Exemplare .         | 30. 7. 1914 | 21                           | 104                            | dunkel                               | 17                             | 16,5—17,0                         | 9,6                              | 5,225                             | 530                     | -0,0005479                  |
| 606          | Exemplare von 605 .                                  | 30. 7. 1914 | 21                           | 131                            | "                                    | 17                             | -1 bis -3                         | 11,825                           | 9,5                               | 530                     | -0,0002311                  |
| 607          | " " 605 .  | 30. 7. 1914 | 21                           | 80                             | "                                    | -3                             | 16,5—16,5                         | 9,6                              | 6,0                               | 530                     | -0,0005860                  |

Anhang III.  
 Protokolle der Versuche über die Wirkung der Besonnung auf die Atmung.

| Versuchs-Nr. | Alge                              | Datum       | Vor-<br>ge-<br>wärmt | Frisch-<br>ge-<br>wicht<br>g | Ver-<br>suchs-<br>zeit<br>Min. | Tempe-<br>ratur | O <sub>2</sub><br>vor<br>Versuch | O <sub>2</sub><br>nach<br>Versuch | Ver-<br>suchs-<br>gefäß | O <sub>2</sub> veratmet<br>in 1 Minute<br>von 1 g<br>Frischgewicht | Belichtung<br>vor Versuch |
|--------------|-----------------------------------|-------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|---------------------------|
| 167          | <i>Enteromorpha<br/>compressa</i> | 9. 4. 1913  | 1 Tag                | 5                            | 120                            | 11,5—11         | 12,14                            | 9,41                              | 553,5                   | 0,001270   | durch<br>Mattscheiben     |
| 179          | Desgl.                            | 9. 4. 1913  | 1 "                  | 5                            | 120                            | 11,8—12,2       | 12,25                            | 9,31                              | 567,5                   | 0,001402   | geschwächtes<br>Oberlicht |
| 290          | Desgl.                            | 15. 5. 1913 | 1 "                  | 5                            | 120                            | 12,2—12,5       | 11,075                           | 8,8                               | 553,5                   | 0,001213   | Sonne                     |
| 291          | Desgl.                            | 15. 5. 1913 | 1 "                  | 4,4                          | 120                            | 12,2—12,5       | 11,075                           | 8,85                              | 550,5                   | 0,001341   |                           |
| 101          | Desgl.                            | 1. 4. 1913  | 1 "                  | 10                           | 120                            | 13,4—13,4       | 11,1                             | 1,3                               | 547                     | 0,002342   |                           |
| 102          | Desgl.                            | 1. 4. 1913  | 1 "                  | 10                           | 90                             | 13,4—13,4       | 11,1                             | 1,95                              | 535,5                   | 0,002949   |                           |
| 103          | Desgl.                            | 1. 4. 1913  | 1 "                  | 10                           | 120                            | 13,4—13,4       | 11,1                             | 1,45                              | 571                     | 0,002406   |                           |
| 104          | Desgl.                            | 1. 4. 1913  | 1 "                  | 10                           | 120                            | 13,4—13,4       | 11,1                             | 1,425                             | 569                     | 0,002403   |                           |

## Anhang IV.

Tabelle der Titerwerte  $\frac{n}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

| Versuchs-Nr. | Titerwert |   |
|--------------|-----------|---|
| 27— 38       | 78,2      | } bezogen auf 15 ccm $\text{KJO}_3^{\frac{n}{20}}$<br>(75 ccm $\frac{n}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$<br>würden zur Neutralisation ver-<br>braucht werden)                |
| 39— 42       | 80,2      |   |
| 43— 54       | 79,3      |   |
| 55— 66       | 79,6      |   |
| 67—100       | 79,9      |   |
| 112—146      | 81,3      |   |
| 147—158      | 81,6      |   |
| 159—161      | 82,7      |   |
| 162—189      | 83,0      |   |
| 190—197      | 83,6      |   |
| 211—218      | 84,6      | } bezogen auf 10 ccm $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7^{\frac{n}{10}}$<br>(100 ccm $\frac{n}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ würden zur<br>Neutralisation verbraucht werden) |
| 225—237      | 102,0     |   |
| 240—291      | 96,6      |   |
| 558—587      | 101,6     |   |
| 588—607      | 108,2     |   |

## Literatur.

- Bonnier, G. et Mangin, L., Recherches sur la respiration des feuilles à l'obscurité. Ann. d. scienc. nat., 6. Sér., Bot. t. XIX, 1884, p. 249.
- Engelmann, W., Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation der Pflanzenzellen. Bot. Zeitg., Bd. 42, 1884.
- Garreau, De la respiration chez les plantes. Ann. d. scienc. nat., 3. Sér., Bot. t. 15, 1851, p. 17.
- Henze, M., Untersuchungen an Seetieren. Abderhaldens Handbuch d. biochem. Arbeitsmethoden, Bd. 3, S. 1084, Berlin u. Wien 1910.
- Iraklinow, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 51, 1912, S. 519.
- Kniep, H., Über Assimilation und Atmung der Meeresalgen. Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Bd. 7, 1914.
- Kolkwitz, R., Beiträge zur Biologie der Florideen. Wiss. Meeresuntersuch., N. F., Bd. 4, 1900, Abt. Helgoland.
- Kylin, H., (1) Einige Versuche über die Atmung der Meeresalgen. Archiv. f. Botanik, Vol. 11, 1911.
- — (2) Zur Physiologie der Meeresalgen. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 83, 1913.
- Lovén, Hedwig, Några Rön om Algernas Andning Bihang till k. Svenska Vet. Akad. Handlingar, t. 17, Afd. III, 1891.
- Oltmanns, F., Morphologie und Biologie der Algen, Bd. II, Jena 1905.
- Richter, A. v., Farbe und Assimilation. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 30, 1912.
- Rosanoff, Observations sur les fonctions et les propriétés des pigments de divers algues. Extrait des mémoires d. la soc. imp. sc. nat. de Cherbourg, t. 17, 1868, p. 168.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Harder Richard

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis des Gaswechsels der Meeresalgen. 254-298](#)