

## Abhängigkeit der Entwicklung des *Volvox aureus* von äusseren Bedingungen.

Von FRANZISKA KNOKE (Münster i. W.).

*Volvox* hat, seitdem LEEUWENHOEK ihn im Jahre 1699 zum ersten male beschrieb, Botaniker und Zoologen gleicherweise interessiert. Die hauptsächlichsten Arbeiten über ihn hat zuletzt ZIMMERMANN (1921) zusammengestellt. Aber trotz der reichen *Volvox*-literatur bleiben für eine Beschäftigung mit dieser Alge noch immer Fragen, deren Lösung die Kenntnis ihrer Entwicklungsgeschichte, Ernährungsphysiologie und Zytologie fördern können. Meine Untersuchungen sollen dazu dienen, einige äussere Faktoren zu finden, die von Einfluss auf die Entwicklung des *Volvox* sind.

Der *Volvox*, mit dem ich meine Untersuchungen anstellte, kam im Teich des Botanischen Gartens der Universität Münster i. W. vor. Ich bestimmte ihn nach der Struktur seiner Zellmembranen (A. MEYER, 1895, 1896) und der rundlichen Gestalt der vegetativen Zellen als *Volvox aureus*.

### Biologische Beobachtungen.

Die fast tägliche Beobachtung des *Volvox aureus* am natürlichen Fundort gab reichlich Anhaltspunkte für das Aufsuchen der äusseren Bedingungen, denen der Entwicklungsgang dieser Alge unterworfen ist. Die Natur des Fundortes, vor allem die darin auftretende Fauna und Flora ist, wie auch KLEIN (1889) bei gelegentlichen Beobachtungen fand, von ausserordentlich grossem Einfluss auf das Gedeihen des *Volvox*. Mit ihr hängen ausserdem Einwirkungen anderer Art, die mir bei den biologischen Beobachtungen auffielen, eng zusammen.

Zum ersten male beobachtete ich *Volvox aureus* Mitte Mai 1921 im Teich des botanischen Gartens. Seitdem fischte ich wöchentlich mehrmals mit dem Planktonnetz und untersuchte dann das Plankton mikroskopisch. Bis Mitte Juni fand sich *Volvox* hauptsächlich an der Südwestecke des Teiches, die nicht beschattet ist. Die Kolonien waren gross, gut ernährt und in lebhafter vegetativer Vermehrung begriffen. Makro- und Mikrogameten beobachtete ich in den ersten 14 Tagen überhaupt nicht. Der Teich enthielt *Ceratophyllum*, das jedoch weite Strecken noch ganz frei liess, ausserdem *Spirogyra*, *Cladophora*, Desmidiaceen, Peridineen, Rotatorien u. s. w. - Die Rotatorien vermehrten sich in den folgenden Wochen sehr stark. Gegen Ende Mai erreichte *Volvox aureus* eine solche Höhe der Entwicklung, wie in dem folgenden ungünstigen Jahr 1922 niemals wieder. Das geschöpfte Wasser war nach 2 - 3 Zügen mit dem Plankton-Netz buchstäblich grün von *Volvox*-Kolonien. Anfang Juni traten plötzlich Makro- und Mikrogameten in den Kolonien auf. Die vegetativen Tochter-Individuen erreichten jetzt nicht mehr alle die ursprüngliche Grösse, sie wurden von *Proales parasita*, einem Rotatorium, angefallen, das den Inhalt der Zellen frass. Auch wurde die Kolonie als ganzes von den jetzt massenhaft auftretenden Crustaceen geschädigt. Amöben, wie sie MOLISCH (1903) im innern der Kolonien beobachtete, sah ich nicht. Inzwischen hatte sich das *Ceratophyllum* stark vermehrt, sodass weite Strecken des Teiches bis an die Oberfläche damit angefüllt waren; aber auch die Rotatorien hatten zugenommen. Bald war keine Kolonie zu finden, die noch Tochterkolonien enthielt, ohne von dem Rotatorium infiziert zu sein. Ich habe aber kaum einmal beobachten können, dass auch Makrogameten von *Proales parasita* gefressen wurden. Diese fallen dafür den grösseren Crustaceen zum Opfer. Am 6. Juni setzte kaltes, regnerisches Wetter ein. Sofort war ein fast plötzliches Zurückgehen des *Volvox* zu bemerken. Diese Beobachtung machte ich bei dem wechselnden Wetter der folgenden Wochen mehrmals:

sonnige, warme Tage beförderten das Wachstum; trübe regnerische brachten *Volvox* fast zum Verschwinden, besonders, da jetzt im Sommer noch die Schädigung durch Tiere hinzukam. Mitte Juni waren fast alle Kolonien angefressen. Im übrigen wurden jetzt und in der Folgezeit viele Zygoten gebildet. Der Zustand der ersten 14 Tage wurde bis Juli nicht wieder erreicht. Dass neben den genannten ungünstigen äusseren Faktoren, Licht und Temperatur, meines Erachtens auch Nährstoff-Mangel die Zygotenbildung verursacht, sollen spätere Versuche zeigen. Ob der Mangel an dem ausschlaggebenden Nährstoff durch das Wachsen von Wasserpflanzen hervorgerufen wird, oder ob relativ die gleiche Nährstoff-Menge vorhanden ist, die aber nun bei grösserer Licht- und Wärmezufuhr nicht mehr ausreicht, müssen spätere Untersuchungen des Teichwassers ergeben.

Nach mehreren trüben regnerischen Tagen war *Volvox* am 20. Juni von der Südwestecke des Teiches ganz verschwunden. Dagegen trat er jetzt an der ebenfalls nicht beschatteten Nordseite auf. Bald wurden aber auch hier die vegetativen Tochter-Individuen von dem Rotatorium gefressen, und Ende Juni war kaum eine Kolonie zu finden, die nicht von *Proales parasita* infiziert war. Am 30. Juni setzte trübes, regnerisches Wetter ein, an der Nordseite sind 2 - 3 Kolonien die ganze Heute beim Fischen. An diesem Tage war der Teich an der Nordwestseite von *Ceratophyllum* gereinigt worden. In den folgenden Tagen war das Wetter regnerisch und kalt; *Volvox* verschwand fast ganz. Am 9. Juli setzte wieder sonniges Wetter ein, die Lufttemperatur stieg sehr, in der Sonne z.B. an einem Tage bis auf 37°, an mehreren Tagen bis über 30°. Nach einiger Zeit fanden sich an der Nordseite wieder *Volvox*-Kolonien, die immer zahlreicher wurden. Bald war bei dem warmen, sonnigen Wetter der Zustand der letzten Mai-Hälfte wieder erreicht: grosse *Volvox*-Kolonien mit vegetativen Tochter-Individuen, von denen vorläufig keine von einem Tier infiziert war. Bei fast täglicher mikroskopischer Beobachtung fand ich jetzt nur ganz vereinzelte Kolonien mit Makro- oder Mikrogameten. Inzwischen war der mittlere Teil und einige Uferstrecken des Teiches von dem stark wuchernden *Ceratophyllum* gereinigt worden. An diesen Stellen fand ich fast niemals *Volvox*, auf keinen Fall kam er hier zu guter Entwicklung. Das sonnige Wetter dauerte bis September an. Es fanden sich täglich einige Kolonien, die gut ernährt und in lebhafter Vermehrung beifien waren. Zwar gab es nur verhältnismässig wenig Kolonien im Teich, da bei der grossen Anzahl der anwesenden Tiere *Volvox* sehr geschädigt wurde. Er würde jedenfalls infolge dieser Schädigungen ganz verschwunden sein, wenn im übrigen nicht eben günstige Bedingungen dagewesen wären, für deren Vorhandensein auch die rein vegetative Vermehrung spricht. In der Folgezeit mass ich auch regelmässig die Wassertemperatur des Teiches zu der Zeit, in der ich *Volvox* fischte. Im August waren an schönen, sonnigen Tagen, an denen die durchschnittliche Teich-Temperatur 20 - 21° betrug, viele in vegetativer Vermehrung begriffene Kolonien da. Sobald nur eine Wasser-Temperatur von 12° oder 15° herrschte, liess sich eine Abnahme in der Zahl der Kolonien feststellen, ebenso bei Regenwetter.

Ich fischte nun zu verschiedenen Tageszeiten, um etwaige Unterschiede in der Verteilung des *Volvox* auf höhere und tiefere Wasserschichten zu bestimmen. Als günstigste Beobachtungszeit ergab sich der frühe Nachmittag, da *Volvox* sich dann nahe der Oberfläche aufhielt.

Infolge des sonnigen Sommers mit wenig Regen sank der Wasserstand ziemlich tief. *Volvox* war nun nicht mehr zu finden. Derselbe Zustand blieb den ganzen Winter, in dem ich trotz regelmässiger Beobachtung *Volvox* nicht mehr antraf. So fiel auch der zweite Hochstand der Entwicklung des *Volvox* im Spätherbst, von dem in der Literatur die Rede ist, aus.

Noch ungünstiger gestalteten sich die Verhältnisse im Sommer 1922. In diesem Jahr trat schon im März plötzlich für eine kurze Zeit *Volvox* auf, der aber nach 2 - 3 Tagen zur Zygotenbildung schritt und dann verschwand. Die Wasser-Temperatur schwankte zwischen 4,5° und 12°. Nach Mitte März trat er vorläufig nicht wieder auf, in vegetativer Vermehrung habe ich ihn vor Juni nicht beobachtet. - Im Gegensatz zum Vorjahre waren März und April kalt, dagegen Mai warm. Das Wasser stand im Teich aber im Mai noch sehr tief. - *Volvox* trat nicht auf. Allmählig stieg das

Wasser, ebenfalls die Temperatur. Am 12. Juni zeigten sich zum ersten mal *Volvox*-Kolonien, und zwar solche mit Tochterindividuen und solche mit Mikrogameten. Das Wasser hatte eine Temperatur von 20°. Das *Ceratophyllum* war schon weit entwickelt, auch bevölkerten viele Tiere, besonders Krebse und Rotatorien, den Teich. Eine solch' reiche vegetative Vermehrung, wie ich sie im Vorjahre zweimal beobachtete, trat jetzt, wohl infolge des ungünstigen Frühlings und des tiefen Wasserstandes, überhaupt nicht ein. Das Bild blieb im Juni dasselbe: wenige geschlechtlich sich fortpflanzende *Volvox*-Kolonien. Die Teich-Temperatur schwankte zwischen 20° und 28°, an und für sich eine günstige Temperatur nach früheren Erfahrungen; es machte sich aber ungünstig bemerkbar, dass das Wasser des Teiches infolge geringer Regenmengen bedeutend gesunken war. Der 22. Juni war ein sonniger, schöner Tag, die Teich-Temperatur betrug 28°. An Stellen mit hohem *Ceratophyllum* im Teich waren ziemlich viele *Volvox*-Kolonien, dagegen fast keine an solchen Stellen, die frei von *Ceratophyllum* waren oder bedeckt von *Spirogyra*-Watten. In der Folgezeit liess sich häufiger beobachten, dass mit dem Verschwinden von *Spirogyra* der *Volvox* sich entwickelt und umgekehrt. Welcher Art die Beziehungen zwischen diesen beiden Algen sind, konnte ich auch durch Laboratoriums-Versuche nicht feststellen. Tatsache ist, dass *Volvox* in Kulturgläsern mit Nährlösungen bei Anwesenheit von *Ceratophyllum* besser gedeiht als bei Anwesenheit von *Spirogyra*. In diesem Monat bestimmte ich auch sehr oft den Sauerstoff-Gehalt des Wassers. Es zeigte sich, dass er am höchsten an sonnigen, weniger hoch an trüben, regnerischen Tagen war. Die Menge der *Volvox*-Kolonien ging Hand in Hand mit dem Sauerstoff-Gehalt des Teichwassers, der auch natürlich an den mit *Ceratophyllum* bewachsenen Stellen des Teiches am grössten war. Ich bestimmte ihn nach L. W. WINKLER (Ber. Deutsch. chem. Gesellsch. XXI, 1888, und XXII, 1889). - Den CO<sub>2</sub>-Gehalt bestimmte ich durch Fällung von Ba(OH)<sub>2</sub> als BaCO<sub>3</sub> und durch Rücktitrierung mit (COOH)<sub>2</sub>. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt, den ich auf diese Weise nachwies, war während des Tages Null; in einer Nacht im Juni konnte ich geringe Mengen nachweisen. Im Juli schwankte die Teich-Temperatur zwischen 17° und 25°, am 18. Juli betrug sie sogar nur 14,5°. An Stellen, die mit frischem, grünem *Ceratophyllum* bewachsen waren, fanden sich bei hellem Wetter zunächst viele *Volvox*-Kolonien, auch solche in vegetativer Vermehrung. Bald setzte aber die Schädigung durch *Proales parasita* wieder ein, Mitte Juli waren fast nur noch geschlechtlich sich fortpflanzende *Volvox*-Kolonien da. Die vegetativ sich fortpflanzenden waren alle angefressen. Das Wasser des Teiches sank auch immer mehr. Nach einigen Regentagen war der 1. August wieder ein sonniger Tag, die Teich-Temperatur betrug 22°. *Spirogyra* bildete Zygoten, *Volvox* trat wieder in grösseren Mengen auf und zwar vegetativ, doch längst nicht in dem Masse wie im Mai und Juni 1921. Im August schwankte die Temperatur zwischen 15° und 21°. An hellen Tagen war *Volvox* zu finden, an trüben, regnerischen nicht. Auch jetzt war eine Beziehung zwischen *Spirogyra* und *Volvox* festzustellen. Noch ungünstiger war das Bild im September. Die Temperatur des Teichwassers sank bis auf 10°. *Volvox* war nur in einigen kleinen Formen da, wenn er überhaupt auftrat. Das Teichwasser sank in den Wintermonaten immer mehr, ich habe *Volvox* nicht mehr beobachten können, auch nicht in der ersten Hälfte des Februar 1923, wo ich zuletzt nach ihm suchte.

Die Übersicht über die Beobachtungen im Jahre 1922 lasse ich in einer Tabelle folgen, die auch die Luft- und Wassertemperaturen und für verschiedene Tage den O<sub>2</sub>-Gehalt angibt.

| Tag und Tageszeit | Luft- und Wassertemperatur | O <sub>2</sub> -Gehalt des Teichwassers in ccm O <sub>2</sub> in 1 L. | Wetter       | Auftreten von <i>Volvox</i> .               |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|
| 7.3; 3pm          | 5,4° 8,5°                  |                                                                       | Sonnenschein | Vereinzelte Kol. in geschlechtl. Vermehrung |
| 9.3; 4pm          | 7,3° 8,8°                  |                                                                       | "            | Kein <i>Volvox</i>                          |

| Tag und Tageszeit                              | Luft- und Wassertemperatur |       | O <sub>2</sub> -Gehalt des Teichwassers in ccm O <sub>2</sub> in 1 L.      | Wetter                              | Auftreten von Volvox.                                                                 |
|------------------------------------------------|----------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 11.3;12m                                       | 3°                         | 4,5°  |                                                                            | Sonnenschein                        | Vereinzelte Kol. in geschl. Vermehrung                                                |
| 14.3;4pm                                       | 9,5°                       | 11,3° |                                                                            |                                     | Grössere Menge in geschl. Vermehrung                                                  |
| 15.3;12m                                       | 7,2°                       | 8,3°  |                                                                            | bewölkter Himmel, kein Sonnenschein | ebenso                                                                                |
| 16.3;12m                                       | 8,5°                       | 9,2°  |                                                                            | ebenso                              | Kein Volvox                                                                           |
| 17.3;5pm                                       | 6,3°                       | 7,2°  |                                                                            | ebenso                              | ebenso                                                                                |
| 18.3;12m                                       | 11,2°                      | 12°   |                                                                            | ebenso                              | ebenso                                                                                |
| 19.3;12m                                       | 10°                        | 11°   |                                                                            | ebenso                              | ebenso                                                                                |
| Bis Anfang Juni beobachtete ich keinen Volvox. |                            |       |                                                                            |                                     |                                                                                       |
| 12.6;11am                                      | 13°                        | 20°   |                                                                            | regnerisch                          | Einzelne Kolonien in veget. u. geschl. Vermehrung, viel Ceratophyll., keine Spirogyra |
| 13.6;3pm                                       | 18°                        | 19°   |                                                                            | trübe, kein Regen                   | ebenso                                                                                |
| 14.6;4pm                                       | 23°                        | 21°   |                                                                            | hell, sonnig                        | ebenso                                                                                |
| 15.6;4pm                                       | 24,8°                      | 25°   |                                                                            | sonnig, schwül                      | ebenso                                                                                |
| 16.6;4pm                                       | 24,2°                      | 26°   |                                                                            | sonnig                              | einzelne veget. Kol. An Stellen mit Spirogyra kein Volvox                             |
| 18.6;4pm                                       | 16,2°                      | 22°   |                                                                            | sonnig                              | ebenso                                                                                |
| 20.6;12m                                       | 23,6°                      | 23°   | 9 <sup>h</sup> a.m. 2,34 ccm<br>6 <sup>h</sup> p.m. 5,92 ccm               | trübe                               | ebenso; das Wasser des Teiches sinkt                                                  |
| 21.6;3pm                                       | 21,4°                      | 23°   | 8.45a.m. 5,29 ccm<br>7.30p.m. 10,29ccm                                     | sonnig                              | Ziemlich viele gut ernährte Kolonien.                                                 |
| 22.6;3pm                                       | 21,3°                      | 26°   | 6.30p.m. 8,78ccm<br>kein CO <sub>2</sub>                                   | sonnig                              | Ziemi. viel Volvox an Stellen mit Ceratophyll., kein V. an Stelle m. Spirog.          |
| 23.6;10am                                      | 18,6°                      | 22°   | 9.30a.m. 5 ccm<br>kein CO <sub>2</sub>                                     | regnerisch                          | Viele gut ernährte Volvox-Kolonien.                                                   |
| 25.6;11am.                                     | 16,4°                      | 19°   |                                                                            | regnerisch                          | Weniger Volvox                                                                        |
| 26.6;11am.                                     | 15,3°                      | 18°   | 10.30am. 5,86 ccm<br>kein CO <sub>2</sub>                                  | regnerisch                          | Weniger Volvox                                                                        |
| 27.6;12m.                                      | 14,4°                      | 17,5° | 6 p.m. kein CO <sub>2</sub> ,<br>Nachts: CO <sub>2</sub> in geringer Menge | regnerisch                          | Geringe Mengen von Volvox-Kolonien                                                    |
| 28.6;3 pm.                                     | 18,4°                      | 20°   |                                                                            | Bedeckt.Himmel, kein Regen          | Sehr wenig V., Teichwasser sinkt mehr                                                 |
| 29.6;4 pm.                                     | 16,4°                      | 19,5° |                                                                            | trübe, regnerisch                   | Ebenso                                                                                |
| 1.7; 10am.                                     | 14,6°                      | 19°   |                                                                            | Teilweise sonnig                    | Viel Volvox (Blüte)<br>viel grünes Ceratophyllum.                                     |
| 3.7; 3 pm.                                     | 19,5°                      | 21°   |                                                                            | Trübe, schwül                       | Ebenso                                                                                |

| Tag und Tageszeit | Luft- und Wassertemperatur |       | O <sub>2</sub> -Gehalt des Teichwassers in ccm O <sub>2</sub> in 1 L. | Wetter                           | Auftreten von Volvox.                                                            |
|-------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 5.7; 3pm.         | 22,5°                      | 25°   |                                                                       | sonnig, schwül                   | Viel Volvox (Blüte) viel Ceratoph.                                               |
| 6.7; 3pm.         | 17,4°                      | 20°   |                                                                       | regnerisch                       | Ebenso; Beginn der Schädigung durch Rotatorien.                                  |
| 7.7; 12m.         | 17,3°                      | 19°   |                                                                       | regnerisch                       | Zurückgehen inf. d. Tierschädigung.                                              |
| 10.7; 11am.       | 17,4°                      | 19°   |                                                                       | sonnig                           | Wenig geschl. sich fortpf. Kolonien.                                             |
| 11.7; 11am.       | 16,2°                      | 17°   | 10 a.m. 5,8 ccm CO <sub>2</sub> in Spuren.                            | Teilw. trüb, teilw. sonnig       | Ebenso (von Rotatorien infiziert).                                               |
| 12.7; 3pm.        | 18°                        | 17°   | 4 p.m. 8,14 ccm                                                       | Trübe, Wasser sinkt mehr         | Wenig Kolonien, nur veget. sich fortpflanzend.                                   |
| 13.7; 3pm.        | 18,5°                      | 20°   | 4 pm. 6,5 ccm                                                         |                                  | Ebenso, viele Rotatorien.                                                        |
| 14.7; 3pm.        | 17,4°                      | 18°   |                                                                       |                                  | Ebenso; es treten geschl. sich fortpfl. Kolonien auf.                            |
| 17.7; 4pm.        | 16,5°                      | 18°   |                                                                       |                                  | Ebenso                                                                           |
| 19.7; 3pm.        | 13°                        | 14,5° |                                                                       | Sehr regnerisch, trüb            | Fast kein Volvox; Spirogyra-Watten kommen.                                       |
| 20.7; 12m.        | 17°                        | 18°   |                                                                       | Sonnig                           | Ebenso                                                                           |
| 21.7; 4pm.        | 18,5°                      | 20°   | 4 pm. 6,2 ccm                                                         | Ebenso                           | Ebenso                                                                           |
| 25.7; 4pm.        | 14,7°                      | 20°   |                                                                       | Ebenso, Tage vorher regnerisch   | Spirogyra bildet Zygoten; Volvox (vegetat.) wieder zahlreicher.                  |
| 1.8; 4 pm.        | 21,8°                      | 22°   |                                                                       | Ebenso                           | Ebenso                                                                           |
| 2.8; 4pm.         | 17,4°                      | 21°   | 4 pm. 7,5 ccm                                                         | Sonnig                           | Volvox vegetativ (zwar keine Blüte).                                             |
| 3.8; 11am.        | 17,6°                      | 19°   |                                                                       | Teilweise sonnig, teilweise trüb | Volvox vermehrt sich vegetativ; Ceratoph. wird wieder grün, Spirog. bild. Zygot. |
| 4.8; 4pm.         | 16°                        | 18°   | 4 pm. 7,15 ccm                                                        | Trübe                            | Wenig Volvox                                                                     |
| 8.8; 11am.        | 17,1°                      | 18°   | 4 pm. 7,5 ccm                                                         | Sonnig                           | Fast kein Volvox, viel Rotatorien.                                               |
| 14.8; 11am.       | 16°                        | 15°   |                                                                       | Sonnig                           | Zieml. reichlich Volvox an Stellen mit Ceratoph., u. zwar vegetativ.             |
| 17.8; 11am.       | 18,6°                      | 20°   |                                                                       | Sonnig                           | Fast kein Volvox; die vorh. Kolonien vermehren sich vegetativ.                   |
| 20.8; 11am.       | 19,6°                      | 21°   |                                                                       | Sonnig                           | Ebenso                                                                           |
| 22.8; 1pm.        | 18,6°                      | 19°   |                                                                       | Regnerisch                       | Ebenso                                                                           |
| 23.8; 5pm.        | 10°                        | 16°   |                                                                       | Regnerisch                       | Ebenso                                                                           |
| 24.8; 6pm.        | 12°                        | 15°   |                                                                       | Regnerisch                       | Vereinzelte kleine Kolonien.                                                     |

| Tag und Tageszeit | Luft- und Wassertemperatur |     | O <sub>2</sub> -Gehalt des Teichwassers in ccm O <sub>2</sub> in 1 L. | Wetter                                 | Auftreten von Volvox.                                                                     |
|-------------------|----------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25.8; 3pm.        | 16°                        | 20° |                                                                       | Sonnig                                 | Vereinzelte kleine Kolonien.                                                              |
| 26.8; 3pm.        | 17,5°                      | 22° |                                                                       | Sonnig                                 | Ebenso                                                                                    |
| 28.8; 9am.        | 15°                        | 18° |                                                                       | Sonnig                                 | Zahlreiche kleine Kolonien; Wasser sinkt tiefer.                                          |
| 29.8; 12m.        | 21°                        | 20° |                                                                       | Sonnig                                 | Zahlreiche <u>kleine</u> Kolonien.                                                        |
| 30.8; 4pm.        | 21°                        | 22° |                                                                       | Trübe                                  | Ebenso                                                                                    |
| 31.8; 4pm.        | 21°                        | 21° |                                                                       | Trübe                                  | Volvox geht zurück                                                                        |
| 1.9; 9 am.        | 15°                        | 18° |                                                                       | Teilw. Regen                           | Volvox ist fast ganz verschwunden.                                                        |
| 5.9; 3pm.         | 16,3°                      | 17° |                                                                       | Sonnig                                 | Kein Volvox                                                                               |
| 6.9; 4pm.         | 17,2°                      | 18° | 0,5m Tiefe: 5,7ccm<br>Oberfläche: 6,6ccm                              | Sonnig                                 | Vereinzelte, vegetativ sich fortpfl. Kol., die fast alle von Rotatorien angefressen sind. |
| 7.9; 10am.        | 12°                        | 13° | Rein alkalische Reaktion!                                             | Teilw. sonn. teilw. trüb               | Fast kein Volvox                                                                          |
| 7.9; 4pm.         | 15,5°                      | 16° | Ebenso                                                                | Ebenso                                 | Ebenso                                                                                    |
| 8.9;              |                            |     |                                                                       | Regnerisch                             | Fast kein Volvox                                                                          |
| 10.9              |                            |     |                                                                       | Ebenso                                 | Ebenso                                                                                    |
| 11.9; 12m.        | 11,8°                      | 13° |                                                                       | Ebenso                                 | Kein Volvox                                                                               |
| 12.9; 3pm.        | 12,6°                      | 13° | Rein alkalische Reaktion!                                             | Sonnig                                 | Vereinzelte Kolon.                                                                        |
| 13.9; 9am.        | 10,4°                      | 11° |                                                                       | Trübe                                  | Vereinzelte veget. Kol., die von Rotatorien angefr. sind, viel Ceratophyllum.             |
| 14.9; 3pm.        | 13°                        | 13° |                                                                       | Sonnig                                 | Ebenso                                                                                    |
| 15.9; 3pm.        | 12,5°                      | 14° |                                                                       | Teilw. sonn. teilw. trüb               | Wenig volvox                                                                              |
| 20.9; 9am.        | 8,5°                       | 10° |                                                                       | Regnerisch ebenso Tage vorher.         | Vereinzelte Kol.                                                                          |
| 25.9; 11am.       | 10,7°                      | 11° |                                                                       | Trübe, kein Regen, Tage vorher sonnig. | Einzelne schöne Kol., Auftreten v. Spirog.-Watten                                         |
| 26.9; 3pm.        | 13°                        | 13° |                                                                       | Sonnig                                 | Wenig Volvox, viel Spirogyra.                                                             |
| 29.9; 3pm.        | 11,8°                      | 12° |                                                                       | Trübe, regnerisch.                     | Ebenso                                                                                    |
| 3.10; 1pm.        | 14°                        | 14° |                                                                       | Sonnig                                 | Ebenso                                                                                    |

#### Zusammenfassung der Ergebnisse der biologischen Beobachtungen.

Warme, helle Tage begünstigen das Wachstum des Volvox, während trübe, regnerische Tage es sehr beeinträchtigen. Im sonnigen Sommer 1921, dem ein warmer Frühling vorausging, und in welchem der Teich dauernd viel Wasser hatte, zeigt Vol-

vox mehrmals eine rein vegetative Vermehrung und ein überaus gutes Wachstum. Dagegen tritt ein solcher Zustand im Jahre 1922, das sich durch trübes Wetter auszeichnete und wenig Wasser brachte, niemals ein. Bei hellem Wetter ist auch der O<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers hoch, besonders an den Stellen, die mit *Ceratophyllum* bewachsen sind. An diesen Stellen findet sich auch fast ausschliesslich *Volvox aureus*. Auffallend ist die Tatsache, dass mit dem Verschwinden von *Spirogyra*-Watten der *Volvox* sich entwickelt und mit dem massenhaften Auftreten von *Spirogyra* der *Volvox* zurückgeht. Dieser Antagonismus zwischen *Spirogyra* und *Volvox* wurde auch durch Kulturversuche bestätigt, jedoch nicht geklärt. Grosse Schädigung erleidet die Alge im Sommer durch Rotatorien und Crustaceen. Die für *Volvox* günstige Temperatur liegt zwischen 17° und 26° C.

#### Kulturmethoden.

Die Beobachtungen des *Volvox* am natürlichen Fundort ergaben schon die Abhängigkeit dieser Alge von den verschiedensten äusseren Faktoren, von Beleuchtung, Temperatur, Sauerstoffgehalt des Wassers. Um diese Faktoren näher zu erforschen, waren Kulturen des *Volvox* im Laboratorium oder auch im Freien notwendig. Im folgenden will ich zunächst eine Darstellung der angewendeten Kulturmethoden geben.

1921 wurde für die Kulturen filtrierte Teichwasser benützt. 1922 nahm ich, um genauere Resultate zu erhalten, destilliertes Wasser, das ich in einem Quarzapparat nochmals destillierte und das keine Giftwirkung ausübte. Eine grosse Bedeutung bei der Züchtung des *Volvox* kommt auch der Glassorte zu (cf. HARTMANN, 1921). Kulturen in Gläsern aus verschiedenem Glas mit gleicher Nährlösung und gleichem Ausgangsmaterial an *Volvox* gediehen ganz verschieden.

Um einzelne Algen in die Nährlösung übertragen zu können, goss ich das Plankton aus dem Teich auf einen weissen Porzellanteller, auf dem die einzelnen Kolonien gut makroskopisch sichtbar waren. Sie sammelten sich alsbald am Rande des Tellers an, sodass sie jetzt leicht herauspipettiert werden konnten. Da es mir auf reines Ausgangsmaterial ankam, übertrug ich den *Volvox* zunächst auf einen 2. Teller mit sterilisiertem Wasser und wusch ihn dann noch mehrmals in sterilisierter Nährlösung. Nachdem ich jede einzelne Kolonie mikroskopisch betrachtet hatte, brachte ich die gesunden mit einer sterilisierten Pipette in die betreffende Nährlösung. Anfänglich benützte ich die für Algen üblichen Nährlösungen von KNOP, MOLISCH, v.d. KRONE, jedoch ohne Erfolg. Später fand ich, dass ein Grund für den Misserfolg die zu hohe Konzentration der Nährlösung war, denn nach vielen Versuchen zeigte sich, dass eine 0,025%-ige Lösung genügte, die BENECKE (1908) für *Spirogyra* gebrauchte. Auch HARTMANN (1921) betont, dass die geringe Konzentration der Nährlösung für seine *Eudorina*-Kulturen ein wichtiger äusserer Faktor war. Wie HARTMANN für *Eudorina*, so benützte ich in der Folgezeit auch diese Lösung, die HARTMANN kurz "BENECKE-Lösung" nennt. Sie enthält:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,01%,  $\text{CaCl}_2$  0,005%,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0,005%,  $\text{MgSO}_4$  0,005%,  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  in Spuren und reagiert alkalisch.

Zeitweise versuchte ich auch eine konstante Beleuchtung des *Volvox*. Trotz vielen günstigen Faktoren gelang mir eine Dauerzüchtung dieser sosehr empfindlichen Alge nicht. Monatelang hielten sich die Kulturen, die von andern Algenspezies ganz frei waren, um dann ohne erkennbaren Grund zu degenerieren. Mein anfängliches Ziel, Reinkulturen zu gewinnen, erreichte ich auch nicht annähernd. Jedenfalls ist die gallertige Hülle des Ausgangsmaterials niemals frei von Bakterien. Dann gelang es auch nicht, von einer Einzelkolonie auszugehen und diese zur Vermehrung zu bringen. Die Erfahrung, dass *Volvox* in geringer Anzahl in einer günstigen Kultur immer wuchs und sich vermehrte, dagegen nicht, wenn eine Kolonie in die Nährlösung übertragen wurde, habe ich in den 2 Jahren immer wieder gemacht. Wahrscheinlich besteht doch irgend eine Wechselwirkung zwischen den einzelnen Individuen.

## Abhängigkeit von klimatischen Faktoren (Licht und Temperatur).

*Volvox* ist eine sehr lichtbedürftige Alge. Das geht zunächst aus dem Verhalten an dem natürlichen Fundort hervor. Bei hellem Wetter gedeiht sie gut, wenn andere günstige Bedingungen hinzukommen, während sie fast plötzlich verschwindet, wenn trübe Tage einsetzen. Dieselbe Beobachtung machte schon früher KLEIN (1889), der deshalb auch die Annahme in der Literatur, *Volvox* lebe gerne unter *Lemna*-Decken, als irrig zurückweist bzw. richtig stellt. Die Abhängigkeit der Entwicklung des *Volvox aureus* vom Licht wurde durch Versuche bestätigt: Ich stellte im Sommer 1921 die Kulturen am Nordfenster, das nur Nachmittags etwas Sonne bekommt, auf. Da mehrere Tage an und für sich dunkles Wetter einsetzte, gingen die Kulturen sehr zurück: Von neu angesetzten Kulturen mit gleicher Nährlösung und gleichem Ausgangsmaterial in Erlenmeyer-Kolben liess ich einige am Nordfenster stehen, während ich andere, an *Scirpus*-Stengeln festgebunden, im Teich schwimmen liess. Schon bald zeigte sich ein deutlicher Unterschied: die Kultur im Teich gelangte zu sehr guter Entwicklung. Die wenigen eingesetzten Kolonien hatten sich nach einigen Tagen so stark vermehrt, dass die Kulturflüssigkeit fast grün von *Volvox* war und zwar von solchen, die die ursprüngliche Grösse hatten und in rein vegetativer Vermehrung begriffen waren. Die Kolonien am Nordfenster dagegen vermehrten sich nur sehr wenig und degenerierten allmählig stark. Nachdem aber einen Tag lang die Sonne das Glas im Teich beschienen hatt, gingen die *Volvox*-Kolonien zugrunde, wohl an erster Stelle infolge der starken Strahlenbrechung durch das Glas und der entwickelten Wärme, aber auch ohne Glas hätte die Alge die direkte Sonnenbestrahlung nicht ertragen, wie spätere Versuche zeigten. Bei Sonnenschein wuchsen die Kulturen am Nordfenster gut, da sie ja vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt waren, aber doch helles Licht hatten, das meiner Ansicht nach am günstigsten ist.

Gute Resultate erzielte ich im letzten Jahre mit Kulturen, die im Gewächshaus neben dem Laboratorium standen. Sie erhielten von allen Seiten Licht, waren aber durch grüne Blattgewächse vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt. Auch OLTMANNS (1917) spricht davon, dass *Volvox* sich länger als zwei Monate in Glasgefässen hält, wenn er vor ausgiebiger Besonnung geschützt wird. Er bilde dann allerdings immer kleinere Kugeln. Zwar kann auch hier wieder die Temperatur der ausschlaggebende Faktor sein; nach meinen Erfahrungen wirken beide zusammen.

Über die Licht-Intensität, die *Volvox* aufsucht, macht OLTMANNS (1892, 1917) einige Angaben. Ich prüfte mit einem Graukeil nach und konnte bestätigen, dass *Volvox* zu grosse und zu geringe Lichtstärken meidet. Genauere quantitative und qualitative Untersuchungen habe ich nicht angestellt. Beim Ausgiessen des Planktons auf Porzellanteller machte ich stets die Wahrnehmung, dass *Volvox aureus* sich sofort am dem der Lichtquelle zugekehrten Rande des Tellers ansammelt, wie es auch A. MEYER (1896) bei *Volvox aureus* beobachtet, während nach ihm *Volvox globator* und *Volvox tertius* den der Lichtquelle abgekehrten Rand aufsuchen.

Die Beobachtungen von 1922 zeigen, dass das Auftreten des *Volvox* im allgemeinen an eine bestimmte Temperatur gebunden ist. Im Winter habe ich niemals *Volvox* gefunden, obschon der Winter 1922 sehr milde war. Allerdings enthielt der Teich nur wenig Wasser. In der Rhein-Ebene beobachtete OLTMANNS (1917) und ZILHERRMANN (1921) zwar in milden Wintern die Alge; sie geben aber keine Temperatur des Wassers an, die meiner Ansicht nach wesentlich höher sein muss als hier. Die tiefste Wassertemperatur, bei der ich *Volvox* fand, betrug 4,5°, die höchste 26°. Die Kulturversuche bei künstlicher Beleuchtung zeigten, dass *Volvox* eine Temperatur bis zu 30° erträgt. Die Kultur, die zunächst üppig wuchs, ging allerdings nach einigen Tagen zugrunde, als die Temperatur dauernd 30° betrug und die Beleuchtung auch des Nachts anhielt. Am günstigsten erscheint mir die Temperatur zwischen 17° und 26°.

## Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt des Teichwassers.

Die Tatsache dass *Volvox* niemals an den Stellen auftrat, die frei von *Cera-*

*tophyllum* waren, legte den Gedanken an eine Abhängigkeit des *Volvox* vom Sauerstoffgehalt des Wassers nahe. Die Sauerstoffbestimmungen an Stellen mit und ohne *Ceratophyllum* zeigten einen grossen Unterschied in der Menge von  $O_2$ . Massenhaftes Auftreten des *Volvox* fiel mit hohem Sauerstoff-Gehalt zusammen, der seinerseits ja auch wieder von hellem Wetter und höherer Temperatur abhängt. Ich fischte *Volvox* meistens an der Oberfläche, deren Sauerstoff-Gehalt erheblich höher ist als der in 0,5 m Tiefe.

Um diese Abhängigkeit durch Versuche zu bestätigen, setzte ich Nachmittags Kulturen mit Spuren von 1% und 3%  $H_2O_2$  an, die jedoch alle kein Resultat zeigten, da *Volvox* schon am folgenden Morgen zugrunde gegangen war. Kulturen, in die ich Sauerstoff einleitete, liessen die Abhängigkeit nicht klar erkennen. Die *Volvox*-Kolonien wuchsen gut, wenn nicht zuviel Sauerstoff eingeführt wurde. Aber das taten auch die Kolonien, die sich in Nährlösungen befanden, die nach der Sterilisation längere Zeit gestanden hatten oder kräftig geschüttelt waren, sodass die Flüssigkeit wieder Luft aufgenommen hatte. Ich setzte dann Kulturen an, in denen ausser *Volvox* auch *Ceratophyllum* wuchs und daneben gleiche Parallelkulturen ohne *Ceratophyllum*. Stets gediehen die *Volvox*-Kolonien in den Kulturen mit *Ceratophyllum* besser als in solchen, die davon frei waren. So erscheint es wahrscheinlich, dass das Wachstum des *Volvox* vom Sauerstoffgehalt des Wassers abhängt, wenn auch die Beeinflussung des *Volvox aureus* vielleicht noch anderer Art sein könnte.

Um die Wirkung der Kohlensäure, die ich tagsüber im Teich nicht nachweisen konnte, zu prüfen, habe ich gekochtes destilliertes Wasser mit Kohlensäure gesättigt und davon 0,1 ccm je 100 ccm Nährlösung zugesetzt. Bei den wiederholt angestellten Versuchen zeigte sich eine lebhafte Teilung, sodass ich die Wirkung der Kohlensäure, wenn sie in geringen Mengen zugesetzt wird, als eine das Wachstum fördernde ansehe.

#### Einfluss anderer Organismen im Teich auf *Volvox aureus*.

Schon 1921 zeigte sich, dass *Volvox* sehr abhängt von der übrigen Fauna und Flora des Teiches. Daher lenkte ich im letzten Jahr mein Augenmerk auch auf diesen Punkt. Ich fischte an verschiedenen Stellen des Teiches, an solchen ohne jede Flora und an solchen mit *Ceratophyllum* und Padenalgen. An den Plätzen, wo der Teichgrund zu sehen war, fand ich niemals *Volvox*, auch nicht an einer Stelle an der Südwestecke, die 1921, mit *Ceratophyllum* bewachsen, viel *Volvox* enthielt, jetzt aber frei von *Ceratophyllum* war. Ob hier der Unterschied im Sauerstoff-Gehalt der einzige Grund ist, konnte ich nicht bestimmen. Auffallend war mir die Erfahrung, dass das Auftreten von *Spirogyra*-Watten den *Volvox* an eben dieser Stelle, die ausserdem viel *Ceratophyllum* barg, verdrängte. Er trat aber wieder an derselben Stelle auf, wenn *Spirogyra* Zygoten bildete. Dieselbe Erfahrung machte ich, wenn ich *Volvox* in ein Glas mit Nährlösung brachte, in dem auch *Spirogyra* war. Die *Volvox*-Kolonien gingen stets schneller zugrunde, als in Kulturlösungen mit *Ceratophyllum*. Ich setzte die Kulturen folgendermassen an: Drei Kristallisierschalen von 15 cm Durchmesser füllte ich mit BENECKE-Lösung und beschickte sie mit gleich vielen *Volvox*-Kolonien. Die erste Schale enthielt ausserdem noch *Spirogyra*, die zweite *Ceratophyllum*, die dritte nichts weiter. Die Kulturen wurden am 13. VI. angesetzt. Am 7. VII. zeigte *Volvox* in der ersten Schale fast kein Wachstum, in der zweiten und dritten sehr gutes. Mehrere spätere Versuche verliefen in der gleichen Weise. Daraus und aus den Beobachtungen im Teich glaube ich schliessen zu können, dass die Anwesenheit von *Spirogyra* ungünstig auf *Volvox* wirkt.

Gross ist natürlich die Abhängigkeit des *Volvox* von Plankton-Tieren; hier im Teich wurde *Volvox* sehr geschädigt durch Krebse und Rotatorien. Nach einer Angabe von HARTMANN (1921), deren Richtigkeit ich nicht nachprüfen konnte, soll schon deren Anwesenheit allein schädigend auf den *Volvox* wirken. Meines Erachtens hätte sich *Volvox* selbst in diesem letzten ungünstigen Jahr 1922 mehrmals gut entwickelt und gut vermehrt, wenn nicht eben die Schädigung durch Crustaceen und

Rotatorien so gross gewesen wäre. KLEIN (1889) beobachtete, dass Kahlquappen und Nachtschnecken *Volvox* in einigen Wasserbassins ganz zum Verschwinden brachten. Er bestätigt, dass *Volvox* am besten in einem Bassin, das nur Fadenalgen und sehr wenige Tiere enthielt, vorankam. Dagegen war er in einem Bassin nicht wieder anzu treffen, in dem *Elodea* wuchs, trotzdem er, solange *Elodea* klein war, dort gelebt hatte. (*Elodea* fehlt in unserm Teich, vielleicht wegen ausnehmend hoher Alkalität.)

Einfluss der Nährsalze, der Konzentration der Nährlösung, der sauren oder alkalischen Reaktion.

Dass die Nährsalze im Teichwasser oder in der Kulturflüssigkeit für das Wachstum aller Algen von grosser Bedeutung sind, steht ohne Frage fest. Ich untersuchte experimentell, welche Salze eine Giftwirkung auf *Volvox* ausüben.

Zuerst stellte ich die Wirkung einiger Nitrate und Chloride fest und fand, dass sowohl Kalium- als Natrium- und Ammonium-Nitrat giftig wirkt, dagegen Kalium- und Natrium-Chlorid nicht. Nitrate haben also auch bei *Volvox* wie bei vielen andern Tieren und Pflanzen eine schädliche Wirkung. Die Kalium- und Natrium-Nitrate, wie auch das Ammoniumnitrat konnten aber durch Calciumsulfat oder auch in vollständiger Nährlösung wieder entgiftet werden, wie spätere Versuche zeigten. Wie ich schon erwähnte, waren die Versuche mit den für Algen üblichen Nährlösungen fehlgeschlagen, sicher zum Teil deshalb, weil die Konzentration zu hoch war. Ich prüfte jetzt die Nährlösungen, die BENECKE (1908) für *Spirogyra* gebrauchte. Veranlasst wurde ich dazu durch eine Notiz bei WETTSTEIN (1921), die u.a. besagte, dass HARTMANN eine dieser Lösungen für *Eudorina elegans* mit gutem Erfolg angewandt habe. Inzwischen erschien HARTMANNs Arbeit (1921), aus der ich sah, dass er die BENECKE-Lösung, wie sie jetzt genannt wird, benützte. Ihre Zusammensetzung habe ich schon früher angegeben. Ich versuchte verschiedene dieser bei BENECKE angegebenen Lösungen und zwar eine mit Nitraten, eine ohne Nitrate, eine ohne Phosphate, eine mit Ammonium-Salzen. Letztere war für *Volvox aureus* wie auch für *Eudorina elegans* die günstigste.

Der Kürze halber werde ich im folgenden und in den Versuchs-Protokollen die Lösung aus BENECKEs Versuchen mit *Spirogyra*, die Kaliumnitrat und Phosphat enthält, mit B 1, die ohne Nitrat mit B 2, die ohne Phosphat mit B 3 bezeichnen.

Die BENECKEsche Lösung enthält:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,01%;  $\text{CaCl}_2$  0,005%;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0,005%;  $\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  0,005%;  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  1 Tropfen der offiz. Lösung in 1500. - In den Nährlösungen jedoch, die ich zu meinen Versuchen gebrauchte, fehlte  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$ .

B 1 enthält:  $\text{KNO}_3$  0,05%;  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  0,05%;  $\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8$  0,05%;  $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  0,09%.

B 2 hat die Zusammensetzung wie B 1, enthält nur statt  $\text{KNO}_3$  :  $\text{KCl}$  0,04%

B 3 enthält:  $\text{KNO}_3$  0,05%;  $\text{CaCl}_2$  0,05%;  $\text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  0,005%;  $\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$  0,05%.

Ich prüfte bei diesen Nährlösungen zunächst die Frage der Konzentration. Die ersten Versuche stellte ich nur mit B 1, B 2, B 3 an und zwar in der angegebenen Konzentration, also B 1 0,2%; B 2 0,19%, B 3 0,155%. *Volvox* ging darin zugrunde. Nachdem ich zu einem Teil Lösung einen Teil Wasser zugesetzt hatte, vermehrte sich der *Volvox*, fühlte sich aber nicht sehr wohl. Als Optimum stellte sich eine 0,025% Lösung heraus. Nachdem ich die Bedeutung der Konzentration der Nährlösung für *Volvox aureus* erkannt hatte, machte ich nochmals einen Versuch mit der CRONE-Lösung, die ich jetzt auch stark verdünnte. Die schädliche Wirkung war sofort herabgemindert. Dadurch tritt noch einmal die Wichtigkeit der Konzentration der Nährlösung, und zwar einer schwachen, für das Gedeihen des *Volvox* hervor. Welche Konzentration hier die günstigste ist und v.d. CRONE-Lösung überhaupt gutes Wachstum zulässt, habe ich nicht weiter geprüft.

Ich untersuchte nun, wie die drei verschiedenen Lösungen B 1, B 2, B 3 in einer Konzentration von 0,025% auf *Volvox* wirkten. Die Kulturschalen, die ich nahm, waren so gross, dass 300 ccm Nährlösung ungefähr 1,5 cm hoch standen.

Ich setzte drei Reihen von Parallelkulturen an: 1. solche mit B 1, B 2, B 3 ohne Zusatz von Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt war;

2. solche mit B 1, B 2, B 3 mit einem kleinen Zusatz von Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt war;

3. solche mit B 1, B 2, B 3, die ich stets nach 8 Tagen in neue Lösung derselben Art überimpfte.

In der ersten Reihe, in der die Kulturen sich selbst überlassen waren, fanden sich nach zwei Wochen nur noch Zygoten, die den Boden des Glases als rote Punkte bedeckten. In den Kulturen der dritten Reihe dagegen bildeten sich sichtlich weniger Zygoten, hier vermehren sich die Kolonien jetzt stark vegetativ.

#### Versuchsprotokolle.

Das Wetter ist während der Zeit dieser Versuche kalt und trübe. Es wird überall gleiches Ausgangsmaterial genommen.

1. Reihe. a. Glasgefäß mit 300 ccm B 1 (mit Nitrat und Phosphat) in einer Konzentration von 0,05%. Beginn der Versuche: 7. VI. - Zunächst finden sich Kolonien m. Makro-, Mikrogameten und Tochter-Individuen. Letztere treten immer mehr zurück. Am 20. VI. sind nur noch Zygoten in dem Glasgefäß vorhanden.

b. Glasgefäß mit 300 ccm B 2 (ohne Nitrat) in einer Konzentration von 0,05%. Beginn des Versuches: 7. VI. - Der Vorgang ist derselbe wie in 1. a, verläuft aber im ganzen etwas schneller. Schon am 18. VI. sind nur noch Zygoten da.

c. Glasgefäß mit 300 ccm B 3 (ohne Phosphate) in einer Konzentration von 0,05%. Beginn des Versuchs: 7. VI. - Der Verlauf ist wie 1 a. Ungefähr zu derselben Zeit sind nur noch Zygoten da.

2. Reihe. - Kulturen, die gleich denen der 1. Reihe angesetzt sind, bekommen noch einen Zusatz von Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist. Es erfolgt in allen Fällen ein beschleunigtes Wachstum. Zygoten werden weniger gebildet. Allmählig sind aber die Kolonien überfüttert, am 1. Juli sind sie alle zugrunde gegangen.

In einem Versuch vom 7. VI. setzte ich 300 ccm Teichwasser etwas mit Kohlensäure gesättigtes Wasser zu. Auch hier wird das Wachstum des *Volvox* zuerst gefördert. Die Kolonien werden aber bald kleiner als in normalen Kulturen; sie enthalten aber 16 Tochterindividuen statt 8 oder 10 wie gewöhnlich.

3. Reihe. - a. Glasgefäß mit 300 ccm B 1. Die Nährlösung wird alle 8 Tage erneuert. Beginn des Versuchs: 7. VI. - In der ersten Woche bildeten sich vereinzelte Zygoten; jedenfalls waren die Makrogameten schon befruchtet, als die Kolonien in die Nährlösung gebracht wurden. Nach wöchentlichem Überimpfen traten allmählig nur noch Kolonien mit Tochterindividuen auf. Diese werden jedoch immer kleiner und blasser grün; sie machen den Eindruck, nicht ausreichend ernährt zu sein. Dasselbe beobachtete ich immer wieder an den Kulturen in Präparatengläsern mit derselben Nährlösung. Zum letzten male impfte ich am 27. Juli über. Am 5. Juli ist die Kultur noch frei von andern Algen, aber die *Volvox*-Kolonien sind sehr klein und blass geworden. Mitte Juli sind keine lebensfähigen Kolonien mehr vorhanden.

b. Glasgefäß mit 300 ccm B 2, 0,05%. - Die Nährlösung wird alle 8 Tage erneuert (kein Nitrat). Beginn des Versuchs: 7. VI. - Auch hier werden die *Volvox*-Kolonien allmählig blasser und zeigen mikroskopisch nicht mehr das normale Aussehen. Trotz dem Überimpfen bilden sich hier immer wieder Zygoten, sodass Anfang Juli keine Kolonie mit Tochterindividuen mehr zu sehen ist.

c. Glasgefäß mit 300 ccm B 3, 0,05% (ohne Phosphate, mit Nitrat). Die Nährlösung wird alle 8 Tage erneuert. Beginn des Versuchs: 7. VI. - Der Verlauf ist im wesentlichen wie in 3 a.

Das Ergebnis dieser Versuche, die mehrmals wiederholt worden sind, ist also folgendes:

*Volvox* bildet in den Lösungen, von denen die erste Nitrat und Phosphat, die zweite Phosphat aber kein Nitrat, die dritte Nitrat aber kein Phosphat enthält, bald Zygoten. Ein Grund ist wahrscheinlich der Mangel an irgend einem Nährstoff; und zwar scheint auch hier, wie BENECKE (1908) es für *Spirogyra* fand, Stickstoff-

mangel die Zygotenbildung auszulösen; denn in den Kulturen, die durch Überimpfen stets wieder neue Nährstoffe bekommen, wird die Zygotenbildung zurückgedrängt, in der nitratfreien wird sie aber nur etwas hinausgeschoben. Diese Annahme wird auch später durch Versuche erhärtet werden. Jedoch auch bei Anwesenheit von Nitraten wird die Zygotenbildung nicht ganz verdrängt.

In den Kulturen, denen Kohlensäure zugesetzt wurde, fand eine Überfütterung der Kolonien statt. Es trat wohl ein lebhafteres Wachstum ein; die Kolonien wurden aber kleiner und enthielten sehr oft 16 Tochterindividuen statt 8, höchstens 10 bis 12 in normalen Verhältnissen. Hier scheint, um mit HARTMANN und JOLLOS (1921) zu sprechen, der Wachstumsfaktor zugunsten des Teilungsfaktors verschoben zu sein.

ZIMMERMANN (1921) beobachtete, dass *Volvox*, der sich im Standortswasser im Gewächshaus bei 8 - 12° vier Wochen lang vegetativ und geschlechtlich fortpflanzte, in Parallelkulturen, die unter annähernd gleichen Belichtungs-Verhältnissen bei 25° aufgestellt wurden, rasch zu rein geschlechtlicher Fortpflanzung überging, wie es auch in den Kulturen der ersten Versuchsreihe, die nicht überimpft wurden, der Fall ist. ZIMMERMANN hebt hervor, dass auch im Freien nach warmen Tagen die geschlechtliche Vermehrung überwiegt, sodass man nach seinen Beobachtungen den Eindruck gewinnen könnte, als ob die Temperatur hier der auslösende Reiz sei. Dem steht jedoch die Erfahrung gegenüber, dass 25° eine günstige Temperatur für *Volvox* ist. Ich beobachtete auch in beiden Jahren eine rein vegetative Vermehrung des *Volvox* zur Zeit des besten Wachstums bei 25°. ZIMMERMANN kommt wohl zu diesem Schluss, weil er nur gelegentlich seine Beobachtungen anstellte und auch keine rein vegetative Vermehrung im Hochsommer oder im späten Frühjahr sah. Auch in den von ZIMMERMANN beschriebenen Fällen wird ein Grund für die Zygotenbildung Mangel an bestimmten Nährstoffen gewesen sein, was umso wahrscheinlicher ist, als ZIMMERMANN Standortswasser ohne jeden Zusatz von Nährsalzen nahm. Die Nährstoffe, die bei 8 - 12° zum Wachstum ausreichten, waren bei 25° jedenfalls zu gering.

Da die Versuche gezeigt hatten, dass die benützten Nährlösungen nicht ausreichten, versuchte ich jetzt die von BENECKE (1908) angegebene Lösung mit Ammoniumsalzen. Um auch Wärme- und Licht-Verhältnisse günstiger zu gestalten, brachte ich stets Parallelkulturen in den Teich des botanischen Gartens. Vor direkter Sonnenbestrahlung schützte ich sie, indem ich die Gläser in den Schatten von Seerosenblättern brachte. Regenschauer schadeten ebenfalls nicht, da die mit Watte verschlossenen Gläser oben noch mit Pergamentpapier zugebunden waren. Als Kulturgläser dienten Erlenmeyerkolben mit 500 ccm Nährlösung. Nebeneinander setzte ich Kulturen an mit der BENECKE-Lösung und den früheren Lösungen B 1, B 2, B 3. Alle wurden mit gleichem Ausgangsmaterial von *Volvox* geimpft. Das Ergebnis war nach wiederholt angestellten Versuchen immer das gleiche: die *Volvox*-Kolonien in B 1, B 2, B 3 bildeten bald Zygoten, in B 1 und B 3 fanden sich zwar noch einige vegetative Kolonien, die aber mikroskopisch dasselbe Bild zeigten wie die in den Kulturen am Nordfenster des Laboratoriums. Dagegen hatten die Kolonien in der BENECKE-Nährlösung ein gutes, normales Aussehen. Sie waren bald in vegetativer Vermehrung begriffen und bildeten weiterhin kein Zygoten mehr. Wiederholt angestellte Versuche zeigten, dass die Lösung, die von BENECKE (1908) zuerst für *Spirogyra* gebraucht und dann von HARTMANN (1921) auch für *Eudorina elegans* als gut befunden wurde, ebenfalls eine geeignete Nährlösung für *Volvox aureus* ist. Sie lässt zwar auch *Hormidium* und andere lästige Algen gut gedeihen; aber bei sauberem Ausgangsmaterial gelang es doch leicht, *Volvox* rein von jeder andern Algenspezies zu züchten, jedoch nicht bakterienfrei.

Die Wirkungen der 4 verschiedenen Lösungen auf *Volvox aureus* sind aus den folgenden Versuchsprotokollen zu ersehen.

#### Versuchsprotokolle.

1. Erlenmeyerkolben mit 500 ccm BENECKE-Lösung. - 24. VI. Beginn des Versuchs.
- 30. VI. Die Kolonien sind in sehr gutem Zustand. Es werden kaum noch Zygoten gebildet. - 3. VII. Die Kolonien vermehren sich weiter gut und zwar nur noch vegetativ. - 12. VII. Nach 2 heißen Tagen (36° in der Sonne), an denen die Kolonien

der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt waren, ist ein grosser Teil vernichtet. Auch die zurückgebliebenen Kolonien haben stark gelitten, sodass Ende Juli keine lebensfähigen mehr da sind.

2. Erlermeyerkolben mit 500 ccm B 1. - 24. VI. Beginn des Versuches. - 30. VI. Es sind noch einige Kolonien mit Tochterindividuen da, im übrigen viele Zygoten. - 3. VII. Es sind fast nur noch Zygoten vorhanden. Die wenigen vegetativ sich fortpflanzenden Kolonien zeigen dasselbe mikroskopische Bild wie in früheren Versuchen.

3. Erlermeyerkolben mit 500 ccm B 2. - 24. VI. Beginn des Versuches. - 30. VI. Die wenigen Kolonien mit Tochterindividuen sind in demselben Zustand wie in 2. Die meisten Kolonien haben Zygoten gebildet. - 1. VII. Es sind fast nur noch Zygoten in dieser nitratfreien Lösung.

4. Erlermeyerkolben mit 500 ccm B 3. - 24. VI. Beginn des Versuches. - Der weitere Verlauf gleicht dem in 2.

Durch diese Versuchsanordnung, in der gleiches Ausgangsmaterial genommen wurde, und in der sonst gleiche äussere Bedingungen herrschten, wird also wieder die KLEBSsche Ansicht bestätigt, dass Zygotenbildung durch äussere Faktoren veranlasst wird, in unserm Falle jedenfalls durch den Mangel an Stickstoff-Verbindungen. Zwar enthalten B 1 und B 3 Nitrate, die aber doch die Zygotenbildung nicht ganz verhindern. Es kommt also noch darauf an, welches die Stickstoff-Quelle in der Nährlösung ist. Diese Frage wird auch von E. PRINGSHEIM (1912) behandelt. Er gibt für *Volvocales* Nitrat und Ammonium als Stickstoffquelle an. Für *Volvox aureus* sind wahrscheinlich Ammoniumsalze die günstigste Quelle, denn das Vorhandensein dieser Salze in der BENECKE-Nährlösung verhindert unter sonst gleichen äusseren Bedingungen die Zygotenbildung auf alle Fälle. Um zu entscheiden, ob wirklich Ammoniumsalz der ausschlaggebende Faktor ist, stellte ich 3 äquimolekulare Lösungen her: 1. die BENECKE-Lösung; 2. eine veränderte BENECKE-Lösung, in der Ammoniumnitrat durch Natriumnitrat ersetzt wurde; 3. eine veränderte BENECKE-Lösung, in der ein anderes Ammoniumsalz die Stelle des Ammoniumnitrates vertrat, z. B. Ammoniumsulfat. Diese 3 Lösungen beschickte ich wieder mit gleichen Mengen desselben Ausgangsmaterials: die unveränderte BENECKE-Lösung hatte wieder den gleichen Erfolg, nämlich gutes vegetatives Wachstum ohne Zygotenbildung. Das gleiche Ergebnis zeitigte die veränderte BENECKE-Lösung, in der Ammoniumsulfat die Stelle des Ammoniumnitrates einnahm. Doch war das Wachstum nicht ganz so gut, wie das in der unveränderten BENECKE-Lösung. In der dritten Lösung dagegen gingen sämtliche *Volvox*-Kolonien zugrunde. Hier trat wieder die giftige Wirkung des Natriumnitrates zutage, die in dieser Nährlösung nicht aufgehoben wurde. Dieser Fall kann somit nicht zur Beantwortung unserer Frage herangezogen werden. Das Ergebnis der beiden anderen Versuche aber spricht dafür, dass tatsächlich das Ammoniumsalz die Zygotenbildung verhindert.

Wie steht es nun mit den chemischen Eigenschaften des Teichwassers? Anfang Juli 1922 setzte ich dem Teichwasser Diphenylamin-Schwefelsäure zu. Es gab keine Reaktion. Wenn ich dagegen 100 ccm Teichwasser auf 10 ccm eindampfte und dann reagierte, zeigte sich ein blauer Rand. Es waren also Nitrate in geringen Mengen im Teichwasser vorhanden. Zu dieser Zeit waren sehr viele *Volvox*-Kolonien im Teich. Die Reaktion fiel ebenfalls positiv aus, wenn ich den *Volvox* zerrieb und die Flüssigkeit dann mit Diphenylamin-Schwefelsäure vermischte. An demselben Tag setzte ich dem schwach angesäuerten eingedampften Teichwasser Nessler-Reagenz zu. Es zeigte sich eine ganz schwache Gelbfärbung, sodass man wohl auf eine Spur von Ammonsalzen schliessen kann. - Einige Tage später prüfte ich wieder auf Nitrate und Ammoniumsalze und zwar mit gleichem Erfolg. Es sind zahlreiche *Volvox*-Kolonien im Teich. Mitte Juli ist die Diphenylamin-Probe negativ, die Reaktion mit NESSLERs Reagenz ist sehr schwach, auf jeden Fall viel schwächer als beim letzten mal der Prüfung. Zu dieser Zeit sind fast keine *Volvox*-Kolonien im Teich zu finden; aber die da sind, vermehren sich vegetativ. - Ende Juli geben 50 ccm angesäuertes Teichwasser auf 2 ccm eingedampft mit NESSLERs Reagenz schwache Reaktion;

nicht angesäuertes eingedampftes Teichwasser gibt mit Diphenylamin-Schwefelsäure keine Reaktion. Es ist fast kein *Volvox* im Teich. Dasselbe Bild ergibt sich Anfang August.

Auch die Reaktion der Nährlösung, in der *Volvox* gezüchtet wird, zeigte sich als wichtiger äusserer Faktor. Ich bestimmte die Wasserstoffzahl mit Neutralrot nach SÖRENSEN (Biochemische Zeitschrift XXI, 1909, 131). Untersuchungen des Teichwassers hatten stets denselben Erfolg: es zeigte eine alkalische Reaktion. Ein Unterschied war aber festzustellen zwischen dem Wasser, das abends und dem, das morgens geschöpft wurde. Abends neigte die Reaktion mehr zur alkalischen, morgens mehr zur sauren Seite hin, ein Resultat, das durch die Anwesenheit von *Myriophyllum*, *Ceratophyllum* und vieler Algen, die alle am Tage assimilieren, verständlich ist. Das Teichwasser, das direkt von der Oberfläche geschöpft wurde, war alkalischer als das in 0,5 m Tiefe geschöpfte. Tagesüber hielt sich *Volvox aureus* nach meinen Beobachtungen stets an der Oberfläche des Teiches auf. Ob dafür die H-Ionen-Konzentration allein der ausschlaggebende Faktor ist, erscheint zweifelhaft, Jedenfalls wirken hier Belichtung, Sauerstoffgehalt und andere Faktoren zusammen.

Als geeignete Nährlösung stellte sich für *Volvox* auch eine alkalische heraus. Die saure KNOPSche Lösung liess die Kolonien bald zugrunde gehen. Auch die neutrale v. d. CRONE-Lösung war selbst in geringer Konzentration nicht sehr günstig. Auffällig war die verschiedene Reaktion des Teichwassers, das an verschiedenen, aber nahe beieinander liegenden Stellen geschöpft wurde, wie sich auch *Volvox* an einzelnen Stellen massenhaft aufhält und dicht daneben überhaupt nicht.

Die Untersuchungen der Wasserstoff-Ionen-Konzentration des Teichwassers im botanischen Garten und die gleichzeitige Beobachtung des Auftretens von *Volvox aureus* setzte im Sommer 1923 in liebenswürdiger Weise Herr L. NIEMEYER fort, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Herr NIEMEYER bestimmte die Wasserstoff-Ionen-Konzentrationen nach WHERRYs Methode mit Hilfe CLARKscher Indikatoren (cf. ARRHENIUS 1922, p. 5). Die erhaltenen Resultate stimmen im allgemeinen mit denen nach SÖRENSENs Methode gefundenen überein; die von Herrn NIEMEYER angestellten Untersuchungen sind aber systematischer und während einer längeren Zeit durchgeführt worden. An Stellen mit *Ceratophyllum* tritt bei sonst günstigen Bedingungen *Volvox* auf, dagegen niemals an solchen ohne *Ceratophyllum*. Die Nährlösung, die *Volvox* am besten gedeihen lässt, zeigt alkalische Reaktion. Eine sehr gute vegetative Entwicklung wurde im Sommer 1923 nicht beobachtet.

Ich lasse zum Schluss die von Herrn NIEMEYER aufgestellten Tabellen folgen:

=====

Tabelle I. Die Untersuchungen und Beobachtungen erfolgten an einer sehr beschatteten Stelle des Nordrandes des Teiches, an welcher in den Vorjahren *Volvox* kaum aufgetreten war.

| Tag    | Tageszeit | Temperatur° |        | pH (WHERRY)            |                          | Wetter                            | Volvox |
|--------|-----------|-------------|--------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------|
|        |           | Luft        | Wasser | Oberfläche<br>(ca 5cm) | bis ca.<br>30 cm<br>tief |                                   |        |
| 4.VII. | 7,15am.   | 15          | 12,5   | 9                      |                          | bis 7 Himmel bedeckt, dann sonnig |        |
|        | 3,15pm.   | 22          | 20     | 9,5                    |                          | sonnig bis leicht bed.            |        |
|        | 7,45pm.   | 20          | 19     | 9,4                    |                          | leicht bed.                       |        |
| 5.VII. | 7,20am.   | 16          | 16     | 9                      |                          | wolkenlos                         |        |
|        | 11,30am.  | 25          | 20,5   |                        |                          | stark dunstig                     |        |
|        | 9 pm.     | 20          |        | 9,5                    |                          |                                   |        |

Tabelle I. cont.

| Tag      | Tageszeit | Temperatur <sup>o</sup> |        | pH (WHERRY)            |                          | Wetter                                  | Volvox       |
|----------|-----------|-------------------------|--------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------------|
|          |           | Luft                    | Wasser | Oberfläche<br>(ca 5cm) | bis ca.<br>30 cm<br>tief |                                         |              |
| 6. VII.  | 7,50am.   | 17                      | 17     | 8,5                    | 8                        | wolkenlos                               |              |
|          | 12 m.     | 27                      | 18,5   | 9                      | 8                        | wolkenlos                               | wenig Volvox |
|          | 9,00pm.   |                         | 21     | 9,5                    | 9,5                      | wolkenlos                               | kein Volvox  |
| 7. VII.  | 1,00pm.   |                         | 20,5   | 9                      | 8,5                      | wolkenlos                               | kein Volvox  |
|          | 4,30pm.   | 15                      | 18     | 8                      | 8                        | wolkenlos                               | kein Volvox  |
| 9. VII.  | 1,00pm.   |                         | 27     | 8                      | 8,5-9                    | wolkenlos                               | kein Volvox  |
| 10. VII. | 12,30pm   | 29                      | 22     | 8,5                    | 7,5                      | wolkenlos                               | kein Volvox  |
| 11. VII. | 7,00am.   |                         | 25     | 9,5                    | 8,5                      | wolkenlos                               | kein Volvox  |
| 16. VII. | 8,10am.   | 18                      | 19     | 8,5                    | 8,5                      | am 15. starke<br>Regengüsse,<br>bedeckt | kein Volvox  |
| 25. VII. | 4,00pm.   |                         | 16     | 7,5-8                  | 7,5                      | Regenwetter                             | kein Volvox  |

Tabelle II. Die Untersuchungen und Beobachtungen erfolgten an dem nicht beschatteten Westrand des Teiches. (Der Teich ist an dieser Stelle mit *Ceratophyllum demersum* bewachsen.)

|          |         |    |      |                       |                      |                                         |                                  |
|----------|---------|----|------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| 4. VII.  | 7,15am. | 15 |      |                       |                      | bis 7 Himmel<br>bedeckt, dann<br>sonnig |                                  |
|          | 3,15pm. | 22 |      |                       |                      | sonnig bis<br>leicht bed.               |                                  |
|          | 7,45pm. | 20 |      |                       |                      | leicht bedeckt                          |                                  |
| 5. VII.  | 7,20am. | 16 |      | 9                     | 7,5                  | wolkenlos                               | reichlich Volvox                 |
|          | 11,30am | 25 | 20,5 | 9,5                   | 7,5                  | stark dunstig                           |                                  |
|          | 9,00pm. | 20 |      | 7,5                   | 7-7,5                |                                         | wenig Volvox                     |
| 6. VII.  | 7,50am. | 17 |      | 9,5                   | 7-7,5                | wolkenlos                               | kein Volvox                      |
|          | 12 m.   | 27 | 23   | 9-9,5                 | 7,5                  | wolkenlos                               | wenig Volvox                     |
|          | 9,00pm. |    | 21   | 7,5                   | 7,5                  | wolkenlos                               | a. kein Volvox<br>b. fast kein " |
| 7. VII.  | 1,00pm. |    | 20,5 | 7,5                   | 7,5                  | wolkenlos                               | kein Volvox                      |
|          | 4,30pm. | 15 | 18   | 9,5                   | 7,5                  | wolkenlos                               |                                  |
| 9. VII.  | 1,00pm. |    | 27   | 9,5 ohne<br>Ceratoph. | 8,5-9im<br>Ceratoph. | wolkenlos                               |                                  |
| 10. VII. | 12,30pm | 29 | 25   | 8,5-9                 | 8                    | wolkenlos                               | kein Volvox                      |
| 11. VII. | 7,00am. |    | 24   | 9,5                   | 8                    | wolkenlos                               |                                  |
| 16. VII. | 8,10am. | 18 | 19   | 7,5-8                 | 7,5-8                | am 15. starke<br>Regengüsse,<br>bedeckt |                                  |
| 25. VII. | 4,00pm. |    | 16   | 7,5                   | 6,5-7                | Regenwetter                             | kein Volvox                      |

Tabelle III. Die Untersuchungen und Beobachtungen erfolgten an dem nicht beschatteten Südwestrand des Teiches. (Der Teich ist an dieser Stelle mit *Myriophyllum* bewachsen.)

|         |         |    |      |       |  |                                         |  |
|---------|---------|----|------|-------|--|-----------------------------------------|--|
| 4. VII. | 7,15am. | 15 | 12,5 | 8-8,5 |  | bis 7 Himmel<br>bedeckt, dann<br>sonnig |  |
|---------|---------|----|------|-------|--|-----------------------------------------|--|

| Tag      | Tageszeit | Temperatur <sup>o</sup> |        | pH (WHERRY)           |                          | Wetter                            | Volvox       |
|----------|-----------|-------------------------|--------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------|
|          |           | Luft                    | Wasser | Oberfläche<br>ca 5cm) | bis ca.<br>30 cm<br>tief |                                   |              |
| 4. VII.  | 3.15pm.   | 22                      | 20     | 9,5                   |                          | sonnig bis leicht bedeckt         |              |
|          | 7.45pm.   | 20                      | 19     | 9,4                   |                          | leicht bedeckt                    |              |
| 5. VII.  | 7.20am.   | 16                      |        | 8,5                   |                          | wolkenlos                         |              |
|          | 11.30am.  | 25                      |        |                       |                          | stark dunstig                     |              |
|          | 9.00pm.   | 20                      | 20,5   | 9,5                   | 8,5-9                    |                                   |              |
| 6. VII.  | 7.50am.   | 17                      |        |                       | 8-8,5                    | wolkenlos                         | kein Volvox  |
|          | 12 m.     | 27                      | 22     | 9,5                   | 9,5                      | wolkenlos                         | wenig Volvox |
|          | 9.00pm.   |                         | 21     | 9,5                   | 9-9,5                    | wolkenlos                         | kein Volvox  |
| 7. VII.  | 1.00pm.   |                         | 20,5   | 8,5-9                 | 8,5-9                    | wolkenlos                         | wenig Volvox |
|          | 4.30pm.   | 15                      | 17     | 8                     | 8                        | wolkenlos                         | wenig Volvox |
| 9. VII.  | 1.00pm.   |                         | 32     | 9,5                   | 9,5                      | wolkenlos                         | kein Volvox  |
| 10. VII. | 12.30pm.  | 29                      | 26     | 9,5                   | 9,5                      | wolkenlos                         | kein Volvox  |
| 11. VII. | 7.00 am.  |                         | 24     | 9,5                   | 9,5                      | wolkenlos                         |              |
| 16. VII. | 8.10am.   | 18                      |        | 9,5                   | 9,5                      | am 15. starke Regengüsse, bedeckt |              |
|          |           |                         |        |                       |                          | Regenwetter                       | kein Volvox. |
| 25. VII. |           |                         | 16     | 9,5                   | 8-8,5                    |                                   |              |

## LITERATURVERZEICHNIS.

- ARRHENIUS, Bodenreakt. u. Pflanzenl. Leipz. 1922. - ARTARI, Z. Ernährungsphys. d. grün. Alg., in B. D. bot. Ges. IXI (1901) - ARTARI, Einfl. d. Konz. d. Nährl. a. d. Entw. einiger grün. Algen, in Pringsh. Jahrb. XL, 1904, u. XLIII, 1906. - BEYERLINGK, Kulturvers. m. Zoochlor. etc. Bot. Ztg. IIL, 1890. - BENECKE, Kulturbed. einiger Alg. Bot. Ztg. LVI, 1898. - BENECKE, Urs. d. Periodizität i. Auftret. d. Algen etc. in Intern. Rev. Hydrobiolog. I, 1908. - BOLTE, Üb. d. Wirk. v. Licht u. Kohlens. etc. in Pringsh. Jahrb. LIX, 1920. - COHN, Entwicklungsgesch. Volvox in Cohns Beitr. I, 1875. - DRECHSEL, Kennt. oligodyn. Arsch. in Centrbl. Bakt. LIII, 1921. - FRANK, Kult. u. chem. Reizersch. Chlamydomonas, Bot. Ztg. LXII, 1904. - FREUND, Neue Vers. Wirk. d. Aussenw. etc. Flora IIC, 1907. - HARTMANN, Morph. u. Physiol. Formenwechs. Phytomonad., 2. Mitt. üb. d. dauernd agam. Züchtg. v. Eudorina, in Sitzungsb. Akad. Berl. LII, 1917. - HARTMANN, 3. Mitt. in Arch. Protist. XLIII, 1921. - JACOBSEN, Kulturvers. Volvocineen, Ztschr. f. Bot. II, 1910. - KIRCHNER, Entwicklungsgesch. Volvox minor, Cohns Beitr. III, 1879. - KLEBS, Bed. Fortpfl. Alg. u. Pilz., Jena 1896. - KLEIN, Morph. u. biol. Stud. Volvox, Pringsh. Jahrb. XX, 1889. - KÜSTER, Anl. Kult. Mikroorg. 3. ed. 1921. - MEYER, A., Plasmaerb. u. Membr. v. Volvox etc. in Bot. Ztg. LIV, 1896. - MEYER, A., Bau v. Volvox, Bot. Ctbl. LIII, 1903. - MOLISCH, Amöben a. Paras. in Volvox, Ber. D. b. Ges. XXI, 1903. - OLTSMANN, photometr. Bew. d. Pflanz. Flora 1892. - OLTSMANN, Üb. Phototaxis, Ztschr. f. Bot. IX, 1917. - OLTSMANN, Morph. u. Biol. Alg. 2. ed. II, 1922. - OVERTON, Beitr. Kennt. Volvox, Bot. Ctbl. XXXIX, 1889. - PRINGSHEIM, E., Kulturvers. chlorophyllf. Mikroorg. Cohns Beitr. XI, XII, 1912, 1913. - PRINGSHEIM, E., Z. Physiol. saprophyt. Flagellaten, Beitr. Allg. Bot. II, 1923. - STEMPPEL, Beob. Volvox aureus, Zool. Anzeig. 1906. - TREBOUX, Org. Säuren a. Kohlenstoffquelle, Ber. D. bot. Ges. XXIII, 1905. - ZIMMERMANN, W., Entwicklungsg. u. Cytolog. Volvox, Pringsh. Jahrb. LX, 1921. - ZUMSTEIN, Morph. u. Entwickl.gesch. Euglena gracilis, Pringsh. Jahrb. XXXIV, 1900. - WETTSTEIN, Fr., Bedeut. u. Techn. Reinkult. etc. in Österr. bot. Ztschr. LXX, 1921.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Knoke Franziska

Artikel/Article: [Abhängigkeit der Entwicklung des Volvox aureus von äusseren Bedingungen 405-420](#)