

# Untersuchungen über die Verbreitung der Cyanophyceen auf und in verschiedenen Böden.

Von Dr. Ferdinand Esmarch.

(Mit 5 Abbildungen im Text.)

## Einleitung.

Die auf dem Boden lebenden *Cyanophyceen* bedürfen zu ihrem Gedeihen ein gewisses Maß von Feuchtigkeit. Wenn ihnen dieses, etwa infolge dauernd trockener Witterung, nicht zur Verfügung steht, gehen sie allmählich bis auf die widerstandsfähigen Sporen zugrunde. Solch ausgetrockneter Boden wird dann mit einer größeren oder kleineren Menge von Sporen bedeckt sein. Wenn man nun dem Boden Proben entnimmt und die Sporen durch geeignete Bedingungen zum Auskeimen bringt, so kann man noch nachträglich die vordem auf ihm gewachsenen *Cyanophyceen*-Arten bestimmen.

Von dieser Erwägung ausgehend, untersuchte ich seinerzeit<sup>1)</sup> nach dem weiter unten beschriebenen Verfahren Bodenproben aus den deutschen Kolonien und konnte so eine Reihe der dort vorkommenden Arten feststellen. Als ich die Untersuchungsergebnisse mit den Angaben der Akten über die Herkunft der Proben zusammenhielt, fiel mir zweierlei auf: 1. Die Proben von bearbeiteten Böden waren durchweg reicher an *Cyanophyceen* als die von unbearbeiteten. 2. Proben, die nicht von der Oberfläche, sondern aus den Unterschichten (meist 15—50 cm tief) stammten, enthielten vereinzelt auch *Cyanophyceen*, aber nur, wo es sich um bearbeiteten Boden handelte. Die erste Beobachtung erklärte ich mir dadurch, daß die bearbeiteten, also gedüngten Böden günstigere Ernährungsbedingungen bieten, die zweite führte ich darauf zurück, daß beim Pflügen usw. *Cyanophyceen* — ich dachte zunächst nur an Sporen, aber es kommen natürlich in gleicher Weise vegetative Fäden in Betracht —

<sup>1)</sup> Beitrag zur *Cyanophyceen*-Flora unserer Kolonien. Jahrbuch der Hamburgischen Wissensch. Anstalten XXVIII, 3. Beiheft, S. 62—82. 1910 (11).

von der Oberfläche nach unten verschleppt werden. Über beide Punkte konnten damals nur Vermutungen ausgesprochen werden, weil die Anzahl der untersuchten Proben zu klein und die Angaben über ihre Herkunft, namentlich was die Tiefe betrifft, nicht vollständig genug waren.

Es schien mir daher eine dankbare Aufgabe, diese Vermutungen an einer größeren Zahl von einheimischen Bodenproben nachzuprüfen. Ich legte mir also folgende Fragen vor:

1. Ist die Verbreitung der bodenbewohnenden *Cyanophyceen* von der Beschaffenheit des Bodens abhängig? Sind sie im Besonderen auf bearbeiteten (gedüngten) Böden häufiger als auf unbearbeiteten (ungedüngten)?
2. Ist das Vorkommen von *Cyanophyceen* in Unterschichten auf gepflügten (Acker-) Boden beschränkt oder allgemeiner verbreitet? Und wie ist es zu erklären?

Über die erste Frage sind bisher, soviel ich weiß, keine planmäßigen Untersuchungen angestellt worden. Es finden sich in den systematischen Werken nur gelegentlich Angaben über die Beschaffenheit des Bodens, auf dem eine bestimmte Art gefunden wurde. Dagegen wurde ein Vorkommen von *Cyanophyceen* unter der Erdoberfläche von mehreren Forschern beobachtet. So gibt P. Graebner<sup>1)</sup> an, daß *Oscillaria tenerrima* Kütz., *Phormidium vulgare* und *Gloeocapsa livida* Kütz. den Boden in einer bis 3 mm dicken Schicht vollständig durchsetzen können. Ferner erwähnt J. Reinke<sup>2)</sup>, daß, wenn man am Seestrände den nassen Sand mit der Stockspitze ritzt, in der sich bläulichgrün färbenden Furche *Anacystis Reinboldi* hervortritt. Eine größere Anzahl von Arten (23) hat E. Warming<sup>3)</sup> an den Küsten dänischer Inseln in 3—5 mm Tiefe gefunden. Das gelegentliche Vorkommen in größeren Tiefen erklärt er dadurch, daß er eine Überlagerung von Sand annimmt. Neuerdings hat W. W. Robbins<sup>4)</sup> in verschiedenen Kulturböden Colorados eine reiche Algenflora entdeckt. Er untersuchte Proben aus den obersten, 3—4 Zoll dicken Schichten des Bodens in folgender Weise: Es wurden Kochflaschen (500 ccm) in ihrer unteren Hälfte mit ausgewaschenem und sterilisiertem Quarzsand gefüllt und 20 g von

<sup>1)</sup> Studien über die norddeutsche Heide. Englers Bot. Jahrb. XX, S. 508. 1895.

<sup>2)</sup> Botanisch-geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. Wiss. Meeresunters. VIII, Ergänzungsheft, S. 84, 152. 1903.

<sup>3)</sup> Bidrag til Vadernes, Sandenes og Marskens Naturhistorie. Danske Vid. Selsk. Skrifter, 7. R., natw.-math. Afd. II, 1. 1904 (06).

<sup>4)</sup> Algae in some Colorado Soils. The Agricult. Exp. Stat. of the Colorado Agricult. Coll., Bulletin 184, June 1912, S. 24—36.

jeder Probe in 50 ccm destilliertes Wasser suspendiert und mittels einer Pipette auf den Sand übertragen. Diese Kulturen wurden, sorgfältig verschlossen, im Treibhaus aufgestellt. Nach 1—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Monaten zeigten sich auf dem Sande Spuren von Algen, die sich später mehr oder weniger üppig weiterentwickelten. Sie konnten, da eine nachträgliche „Infektion“ der Kulturen ausgeschlossen war, nur aus den Bodenproben stammen. Von den 21 aufgefundenen Arten gehörten 18 zu den *Cyanophyceen*; besonders häufig waren *Phormidium tenue* (Menegh.) Gomont, *Nostoc commune* Vaucher, 2 weitere *Nostoc*-Arten, *Nodularia harveyana* (Thwaites) Thuret, *Anabaena* spec. und *Stigonema* spec. Bemerkenswert ist noch, daß in einer gleichzeitig angesetzten Probe aus unbearbeitetem Boden keine Algen enthalten waren.

Das Vorkommen von *Cyanophyceen* im Boden ist auf den ersten Blick sehr auffallend. Als chlorophyllführende und assimilierende Pflanzen sind sie normalerweise auf die Gegenwart von Licht angewiesen und sollten daher auf die Erdoberfläche beschränkt sein. Nur in ganz geringer Tiefe von einem oder wenigen Millimetern ließe sich allenfalls ihr Gedeihen verstehen, da hier noch Spuren von Licht vorhanden sein können. Die Erscheinung verliert aber ihr Auffallendes, wenn man annimmt, daß es sich um *Cyanophyceen* handelt, die ursprünglich an der Oberfläche wuchsen, dann durch irgendwelche Faktoren in die Unterschichten verschleppt wurden und hier kürzere oder längere Zeit weitervegetieren. Diese Annahme wurde mir schon durch die Ergebnisse meiner früheren Untersuchungen nahegelegt. Die Beobachtungen von Robbins sprechen auch eher dafür als dagegen; denn, soweit seine Proben Algen enthielten, stammten sie sämtlich von kultivierten Ländereien. Jedenfalls schien es mir notwendig, nicht lediglich die Verbreitung der *Cyanophyceen* im Boden festzustellen, sondern auch diese Erklärungsmöglichkeit zu prüfen, d. h. zu entscheiden, ob eine Verschleppung der *Cyanophyceen* in den Boden wahrscheinlich und ein zeitweiliges Weitervegetieren möglich ist.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich naturgemäß in zwei Teile. Der erste beschäftigt sich mit der Verbreitung der *Cyanophyceen* auf verschiedenen Bodenarten, der zweite mit ihrem Vorkommen in der Erde. Ich schicke eine Beschreibung der Untersuchungsmethode, die von der Robbins'schen wesentlich abweicht, voraus und lasse am Schluß eine systematische Übersicht der aufgefundenen Arten folgen.

### Methode.

Zur Untersuchung der Bodenproben benutzte ich 1,5—2 cm tiefe Petrischalen von 9—10 cm Durchmesser, die vorher durch längeres Erhitzen auf etwa 100° C sterilisiert waren. Die Erde wurde

an Ort und Stelle ungefähr 1 cm hoch in die Schalen gefüllt, sodann mit destilliertem Wasser gründlich angefeuchtet und mit einer Scheibe chemisch reinen Fließpapiers bedeckt. Um eine innige Berührung zwischen der Erde und dem Papier zu ermöglichen, war es oft nötig, die Oberfläche vorher zu glätten. Das geschah mit einem eisernen Spatel, der, um eine Übertragung von *Cyanophyceen* zu verhüten, vor jeder Benutzung kurze Zeit in einer Gasflamme ausgeglüht wurde. Die so vorbereiteten Proben stellte ich — mit Ausnahme der Proben vom November 1912 und April—Mai 1913, die im Zimmer angesetzt werden mußten — im Treibhause auf, wo sie einer Temperatur von 20—25° C ausgesetzt, dagegen vor direktem Sonnenlicht geschützt waren. Unter diesen Umständen treten die vorhandenen *Cyanophyceen* in ein mehr oder weniger lebhaftes Wachstum ein; zugleich entstehen durch Auskeimen der Sporen neue Fäden. Sie wachsen, dem Lichte zu, durch die Poren des Papiers hindurch und breiten sich auf demselben zu zunächst mikroskopisch kleinen Lagern aus. Bei weiterer Vermehrung und durch Verschmelzung benachbarter Lager kommen schließlich kleine Flecke zustande, die sich infolge ihrer blau-, schwarz- oder bräunlichgrünen Farbe von dem hellen Untergrunde deutlich abheben. Gelegentlich wachsen natürlich auch andere Algen, sowie Moose, Pilze und Bakterien durch, aber nur selten in störender Menge.

Die Frist, die zwischen dem Ansetzen der Proben und dem Auftreten der blaugrünen Flecke vergeht, kann sehr verschieden lang sein. Sie betrug bei den vorliegenden Untersuchungen mindestens 2 Tage, in einigen Fällen aber 2 Monate. Diese Unterschiede erklären sich zum Teil durch die ungleiche Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Arten, zum Teil durch den Einfluß äußerer Bedingungen, wie Temperatur, Beleuchtung, Feuchtigkeit, zum Teil auch dadurch, daß in einer Probe vorwiegend vegetative Fäden, in einer anderen vorwiegend Sporen enthalten sind, und daß beide in sehr verschiedener Menge gegeben sein können.

Nach dem Erscheinen der ersten Spuren von Algen blieben die Schalen noch 2—6 Wochen im Treibhause. In dieser Zeit breiteten sich die Lager weiter aus, oft über die ganze zur Verfügung stehende Fläche, und entwickelten sich soweit, daß die Arten bestimmt werden konnten. Darauf wurde das Fließpapier mit den *Cyanophyceen* vorsichtig abgehoben und in verdünntem Formalin oder getrocknet aufbewahrt.

Während der Kultur mußten manche Proben 1—2 mal wieder angefeuchtet und die Schalen zu dem Zwecke auf kurze Zeit geöffnet werden. Ich befürchtete zuerst, daß dabei Sporen aus der Luft



eindringen und so das Untersuchungsergebnis fälschen könnten. Aber Parallelversuche mit sterilisierter Erde überzeugten mich bald, daß eine solche „Infektion“ jedenfalls praktisch nicht in Betracht kommt. Sämtliche Kontrollproben blieben frei von blaugrünen Flecken, obwohl sie 3 Monate und länger im Treibhause standen und mehrmals angefeuchtet wurden.

Die beschriebene Methode ermöglicht es, selbst geringe Mengen von *Cyanophyceen* aufzufinden, und hat vor der von Robbins angewandten den Vorzug, daß sie die Algen auf ihrem natürlichen Nährboden beläßt.

## I. Die Verbreitung der *Cyanophyceen* auf verschiedenen Bodenarten.

Die physikalische Beschaffenheit sowie die chemische Zusammensetzung des Bodens ist sehr mannigfaltig und daher die Zahl der Bodenarten im eigentlichen Sinne eine große. Um ihre Beziehungen zu den *Cyanophyceen* festzustellen, hätte es demgemäß sehr umfangreicher Untersuchungen bedurft. Es kam mir aber nur auf einen allgemeinen Überblick an; insbesondere sollte, wie in der Einleitung bemerkt, die Verbreitung der *Cyanophyceen* auf bearbeiteten und unbearbeiteten Böden verglichen werden. Aus diesem Grunde genügte eine Abgrenzung der „Bodenarten“ nach groben Unterschieden. Meine Untersuchungen erstrecken sich auf 7 solcher Bodenarten im weiteren Sinn. Von ihnen vertreten 3, nämlich sandiger, lehmiger und toniger (Marsch-) Boden, zugleich die bearbeiteten Böden; die 4 übrigen gehören zu den unbearbeiteten Böden: sandiger Heideboden, Moorboden, humoser Waldboden und Sandboden vom Strand und Teichrand, bei dem infolge seiner größeren Feuchtigkeit besondere Verhältnisse vorliegen.

Von jeder der bezeichneten Bodenarten wurden 34—45 Proben (im ganzen 266) gesammelt, zum größten Teil in der Umgegend von Altona, zum kleineren Teil bei Glückstadt, Sonderburg (Alsen) und Eutin (Holstein). Ich wählte dabei im allgemeinen beliebige Stellen, sofern sie nur die für das Gedeihen von *Cyanophyceen* notwendigste Bedingung boten, d. h. eine vorübergehende Ansammlung von Feuchtigkeit bei atmosphärischen Niederschlägen gestattet. Es wurden also auf Äckern die Furchen, auf Wiesen, auf der Heide usw. kleine Einsenkungen des Bodens und ähnliche Stellen bevorzugt. Auf diese Weise glaube ich ein genügend gleichwertiges Material erlangt zu haben, um aus den Untersuchungs-

ergebnissen bezüglich der Verbreitung der *Cyanophyceen* Schlüsse ziehen zu können.

Ich gebe zunächst eine Übersicht über die einzelnen Gruppen der Bodenproben.

### 1. Sandiger Heideboden.

Die Proben dieser Gruppe stammen sämtlich aus der „Rissener Heide“, die sich nördlich der Elbe zwischen Blankenese und Wedel hinzieht. Der Boden ist sandig, zum Teil mit Spuren von Humus versetzt und zur Hauptsache mit *Calluna* bewachsen; er wird nur bei anhaltendem Regen einigermaßen feucht. Es wurden 34 Proben angesetzt, und zwar in den Monaten Mai, Juli, August, September. Auf 31 von ihnen traten keine *Cyanophyceen* auf, obwohl sie 2—3 Monate im Treibhaus standen; sie dürften also keine oder höchstens ganz geringe Mengen enthalten haben. Auf den 3 übrigen Proben erschienen die ersten Spuren nach 18, 47, 49 Tagen. Es handelte sich in 2 Fällen um *Anabaena minutissima*, in einem Fall um *Calothrix parietina*.

Dieses spärliche Ergebnis befremdet vielleicht, wenn man an die 32 Arten denkt, die *G r a e b n e r*<sup>1)</sup> auf der Heide gefunden hat. Aber dessen Angaben beziehen sich auf die ganze norddeutsche Heide, während ich nur einen verschwindend kleinen Teil derselben untersucht habe. Außerdem sind in der Liste *G r a e b n e r s* auch einzeln und selten vorkommende Arten aufgenommen, und er selbst bezeichnet nur 10 als für die Heide charakteristisch.

### 2. Moorboden.

Die Proben dieser zweiten Gruppe wurden an zwei Orten gesammelt: im „Schnaakenmoor“, das sich nördlich an die Heide bei Rissen anschließt, und im „Schnelsener Moor“ bei Eidelstedt. Der Boden hat die bekannte torfige Beschaffenheit und ist im wesentlichen — es handelt sich um Hochmoore — aus *Sphagnum* und *Calluna* hervorgegangen. Er nimmt leicht Feuchtigkeit auf und trocknet nur bei längerer Dürre aus. Trotzdem war das Ergebnis der Untersuchung auf *Cyanophyceen* vollständig negativ. Alle 35 Proben zeigten auch nach einer 3 monatlichen Kultur nicht die geringsten blaugrünen Spuren, während einzellige und fadenförmige Grünalgen, *Desmidiaceen* usw. mehr oder minder häufig waren. Vielleicht hängt dieses Ergebnis zum Teil damit zusammen, daß 16 von den Proben im Oktober und November angesetzt wurden, also in einer für die

<sup>1)</sup> a. a. O., S. 547—48.

Entwicklung der *Cyanophyceen* ungünstigen Jahreszeit. Da sich aber die im Mai und Juli angesetzten Proben ebenso verhielten, glaube ich doch daraus schließen zu dürfen, daß die *Cyanophyceen* auf dem Moorboden ziemlich selten sind. In Übereinstimmung damit geben die systematischen Werke nur bei ganz wenigen Arten ausdrücklich Vorkommen auf torfigem Boden an, so P. Graebner<sup>1)</sup> bei 6, E. Lemmermann<sup>2)</sup> bei 4 Arten und J. Tilden<sup>3)</sup> nur bei einer Art.

### 3. Humoser Waldboden.

Waldboden-Proben habe ich an 3 Orten gesammelt: 10 in einer verhältnismäßig jungen Fichten- und Buchenanpflanzung (4—5 m hohe Stämme) in der Nähe von Eidelstedt, 15 in einem Bestand hoher Kiefern und Fichten bei Rissen und 15 im Süderholz bei Sonderburg unter alten Buchen. Überall war der Boden mit einer dünnen oder dickeren Schicht von Humus bedeckt, der Untergrund an den zwei ersten Stellen sandig, an der letzten etwas lehmig. Die Proben wurden zu verschiedenen Zeitpunkten in den Monaten April—Oktober angesetzt und blieben bis zu 3 Monaten im Treibhaus. Auf 5 Proben (3 von Eidelstedt, je 1 von Rissen und Sonderburg) entwickelten sich in 6—8 Wochen die ersten blaugrünen Flecke. Es wurde zweimal *Cylindrospermum muscicola*, je einmal *Cylindrospermum majus*, *C. minutissimum*, *Nostoc muscorum* und *Nostoc spec. III* festgestellt, insgesamt also 5 Arten. Nach der Größe der Lager zu urteilen, enthielten die Proben in allen Fällen nur kleine Mengen von Algen.

### 4. Feuchter Sandboden.

In dieser Gruppe fasse ich die Proben vom Elbstrand bei Schulau, vom Rande eines künstlichen Teiches bei Rissen und vom Ostseestrande bei Sonderburg zusammen. In allen 3 Fällen handelt es sich um sandigen Boden, der dauernd oder jedenfalls ohne längere Unterbrechung in stärkerem Maße mit Wasser durchtränkt ist. Es bestehen nur insofern Unterschiede, als das Wasser an den 3 Stellen nicht ganz die gleiche Beschaffenheit hat: Das Elbwasser ist stark verschmutzt, also reich an organischen Stoffen; das Wasser des Teiches enthält, nach seiner Klarheit zu urteilen, keine oder wenige solche Stoffe; das Seewasser endlich ist von beiden durch seinen Salzgehalt scharf geschieden.

<sup>1)</sup> a. a. O., S. 547—48.

<sup>2)</sup> Kryptogamenflora der Mark Brandenburg III, Algen I. 1910.

<sup>3)</sup> Minnesota Algae, vol. I, *Myxophyceae*. 1910.

Ich gebe zunächst eine tabellarische Übersicht, um dann die einzelnen Untergruppen zu besprechen.

Tabelle I.

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
1	vegetationslos	30/5 12	1/6	2	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>P. tenue</i> .
2	„	30/5	3/6	4	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nodularia harveyana</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Phormidium ambiguum</i> , <i>P. tenue</i> .
3	„	30/5	1/6	2	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>P. tenue</i> .
4	„	19/9 12	21/9	2	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Calothrix Braunii</i> .
5	„	19/9	23/9	4	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Nostoc ellipsosporum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> , <i>Oscillatoria limosa</i> , <i>O. tenuis</i> .
6	Strandgräser, Ononis usw.	19/9	12/10	23	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Oscillatoria anguina</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
7	„	19/9	30/9	11	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Calothrix Braunii</i> , <i>Oscillatoria tenuis</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
8	vegetationslos.	19/9	22/10	33	<i>Calothrix Braunii</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Nostoc spec. I</i> , <i>Oscillatoria formosa</i> .
9	„	19/9	30/10	41	<i>Calothrix Braunii</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .
10	Strandgräser, Ononis, Chenopodium	19/9	26/9	7	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Oscillatoria anguina</i> , <i>O. tenuis</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
11	„	5/4 13	30/4	25	<i>Nostoc spec. I</i> , <i>Phormidium Retzii</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
12	„	5/4	6/5	31	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Calothrix sp.</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc paludosum</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
13	„	5/4	14/5	39	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Calothrix spec.</i> , <i>Nostoc spec. I + III</i> .
14	Carex, Scirpus, Moose usw.	18/5 12	7/6	20	<i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>Hapalosiphon arboreus</i> , <i>Nostoc muscorum</i> .



Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
15	Carex, Scirpus, Moose usw.	18/5	3/6	16	<i>Anabaena laxa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
16	„	18/5	13/6	26	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
17	„	18/5	—	—	—
18	„	5/4 13	11/5	36	<i>Cylindrospermum minutissimum</i> .
19	„	5/4	30/4	25	<i>Cylindrospermum minutissimum</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .
20	„	5/4	15/5	40	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
21	vegetationslos, sehr feucht	5/4	24/5	49	<i>Anabaena oscillarioides</i> , <i>Cylindrospermum minutissimum</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
22	vegetationslos	3/7 13	2/8	30	<i>Anacystis Reinboldi</i> , <i>Aphanothece Naegelii</i> .
23	„	3/7	24/7	21	<i>Aphanothece Naegelii</i> .
24	„	3/7	31/7	28	<i>Nostoc paludosum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .
25	Strandroggen, Salzmiere usw.	3/7	8/8	36	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Nodularia harveyana</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .
26	vegetationslos	1/10 13	25/11	55	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. oscillarioides</i> .
27	„	1/10	6/11	36	<i>Anabaena torulosa</i> .
28	„	1/10	28/11	58	<i>Anabaena torulosa</i> .
29	„	1/10	—	—	—
30	„	1/10	25/11	55	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Aphanothece microspora</i> .
31	„	1/10	—	—	—
32	„	1/10	—	—	—
33	„	1/10	17/11	47	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Anacystis Reinboldi</i> , <i>Nodularia harveyana</i> .
34	„	1/10	14/11	44	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Anacystis Reinboldi</i> .
35	„	1/10	28/11	58	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Anacystis Reinboldi</i> , <i>Aphanothece Naegelii</i> .

Vom Elbstrand stammen 13 Proben (Tabelle I, 1—13); 7 wurden an vegetationslosen Stellen, 6 zwischen Strandgräsern usw. gesammelt. Die Stellen liegen so, daß sie in der Regel zur Zeit des höchsten Wasserstandes bei Flut feucht, aber nicht von Wasser bedeckt sind. Bei starken westlichen Winden werden sie überflutet, bei östlichen Winden oft von der Flut nicht erreicht. Sämtliche Proben enthielten *Cyanophyceen*, deren erste Spuren bei einigen schon nach 2—4, bei anderen erst nach etwa 40 Tagen erschienen. Die ersteren verrieten schon vorher das Vorhandensein von *Cyanophyceen* durch ihre Färbung. Es waren folgende 22 Arten vertreten:

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Anabaena laxa</i> (2 mal)     | 12. <i>Nostoc spec. I</i> (5)       |
| 2. „ <i>torulosa</i> (4)            | 13. „ <i>spec. III</i> (1)          |
| 3. „ <i>variabilis</i> (6)          | 14. <i>Oscillatoria anguina</i> (2) |
| 4. <i>Calothrix Braunii</i> (4)     | 15. „ <i>formosa</i> (1)            |
| 5. „ <i>spec.</i> (2)               | 16. „ <i>limosa</i> (1)             |
| 6. <i>Cylindrosp. muscicola</i> (3) | 17. „ <i>tenuis</i> (3)             |
| 7. <i>Microcoleus vaginatus</i> (3) | 18. <i>Phormidium ambiguum</i> (1)  |
| 8. <i>Nodularia harveyana</i> (1)   | 19. „ <i>autumnale</i> (6)          |
| 9. <i>Nostoc ellipsosporum</i> (1)  | 20. „ <i>Retzii</i> (1)             |
| 10. „ <i>paludosum</i> (1)          | 21. „ <i>tenuis</i> (3)             |
| 11. „ <i>punctiforme</i> (6)        | 22. <i>Tolypothrix tenuis</i> (3).  |

Die Zahl der Arten ist also, namentlich im Hinblick auf die geringe Zahl der Proben, recht beträchtlich. Einige Arten (*Calothrix*, *Microcoleus*, *Oscillatoria*) kamen meist nur in einzelnen Fäden, nicht in zusammenhängenden Lagern vor. Dieser Umstand kann vielleicht Zweifel erwecken, ob sie wirkliche Strandbewohner und nicht etwa angeschwemmte Wasserbewohner sind. Aber gerade ihr Vorkommen auf meinen Proben, die wochenlang in Kultur blieben, beweist, daß sie auch auf festem Boden gedeihen können.

Vom Rande des künstlichen Teiches stammen 8 Proben (Tabelle I, 14—21), die im April und Mai gesammelt wurden. Der Boden trug damals nur vereinzelt Büschel von *Carex* und stellenweise Moose, überzog sich aber im Laufe des Sommers mit einer dichteren Vegetationsdecke (besonders *Cyperaceen*); er ist stets feucht, nach ergiebigen Niederschlägen zum Teil überschwemmt. Die Proben enthielten mit einer Ausnahme größere oder kleinere Mengen von *Cyanophyceen*, die zu 12 Arten gehörten:

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Anabaena laxa</i> (1 mal) | 5. <i>Cylindrosp. catenatum</i> (2) |
| 2. „ <i>oscillarioides</i> (1)  | 6. „ <i>majus</i> (1)               |
| 3. „ <i>torulosa</i> (1)        | 7. „ <i>minutissimum</i> (3)        |
| 4. „ <i>variabilis</i> (3)      | 8. „ <i>muscicola</i> (2)           |

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 9. <i>Hapalosiphon arboreus</i> (1) | 11. <i>Scytonema Hofmanni</i> (1)  |
| 10. <i>Nostoc muscorum</i> (5)      | 12. <i>Tolypothrix tenuis</i> (4). |

Die Arten sind also an sich nicht so zahlreich wie die des Elbstrandes; im Verhältnis zur Zahl der Proben müssen sie aber als ebenso mannigfaltig bezeichnet werden. Im einzelnen bestehen zwischen den Proben vom Strand und denen vom Teichrand einige bemerkenswerte Unterschiede. Nur 5 Arten sind beiden gemeinsam. Am Teiche fehlen vor allem die *Oscillatoria*-, *Phormidium*-, und *Calothrix*-Arten. *Nostoc* ist nur durch eine Art (allerdings verhältnismäßig oft) vertreten, *Cylindrospermum* dagegen durch 4 Arten. Auffallend ist das Vorkommen von *Hapalosiphon arboreus*, welche Art bisher nur an Bäumen beobachtet wurde.

Die letzten 14 Proben dieser Gruppe (Tabelle I, 22—35) sind am Ostseestrande bei Sonderburg, nahe dem Walkürenkliff, gesammelt. Der Boden ist in den obersten Schichten sandig, unten steinig, und zum Teil mit Tangresten durchsetzt. Seine Feuchtigkeit ist natürlich unmittelbar am Wasser groß, landeinwärts nimmt sie rasch ab und schwankt im übrigen mit dem Wasserstand bzw. mit der Richtung und Stärke des Windes. Die zur Entnahme von Proben gewählten Stellen lagen 2—3 m vom Wasser entfernt und waren damals ziemlich trocken; ich habe sie aber zu anderen Zeiten überflutet gesehen. Es traten auf 11 Proben *Cyanophyceen* auf, und zwar folgende Arten:

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1. <i>Anabaena oscillarioides</i> (1 mal) | 6. <i>Aphanothece Naegelii</i> (3) |
| 2. „ <i>torulosa</i> (7)                  | 7. <i>Nodularia harveyana</i> (2)  |
| 3. „ <i>variabilis</i> (1)                | 8. <i>Nostoc paludosum</i> (1)     |
| 4. <i>Anacystis Reinboldi</i> (4)         | 9. „ <i>spec. I</i> (2).           |
| 5. <i>Aphanothece microspora</i> (1)      |                                    |

Die *Cyanophyceen*-Flora scheint danach hier bedeutend ärmer an Arten zu sein als am Elbstrand und Teichrand. Die beiden Strandgebiete stimmen in 5 Arten überein; an der Ostsee fehlen die *Oscillatoriaceen*, an der Elbe hingegen die *Chroococcaceen*. Durch Häufigkeit fällt besonders *Anabaena torulosa* auf.

Die Proben von feuchtem Sandboden lieferten mithin je nach ihrer Herkunft etwas abweichende Ergebnisse. Vielleicht sind diese durch die oben erwähnten Unterschiede in der Zusammensetzung des Wassers bedingt, vielleicht aber auch nur durch die geringe Zahl der Proben vorgetäuscht. Jedenfalls glaube ich, die 3 Gruppen trotzdem unter einer „Bodenart“ zusammenfassen zu dürfen. Für den feuchten Sandboden im ganzen ergibt sich dann die stattliche Zahl von 32 Arten.

## 5. Bearbeiteter Sandboden.

Ich wende mich zu den landwirtschaftlich bearbeiteten Böden und beginne mit dem sandigen Boden, wie er im mittleren Schleswig-Holstein, auf der Geest, weit verbreitet ist. Es wurden 45 Proben gesammelt, zum Teil bei Eidelstedt (Tabelle II, 1—22), zum Teil bei Rissen (Tabelle II, 23—45). Sie stammen im Besonderen von 9 Wiesen und 15 Äckern (die zu je einer Wiese oder je einem Acker gehörigen Proben sind in der Tabelle durch eine Klammer zusammengefaßt). Auf den letzteren wurde seinerzeit Lupine, Buchweizen, Hafer, Roggen, Rüben, Kohl und Kartoffeln gebaut. Merklich feucht war der Boden nur an 2 Stellen (Nr. 3—4). Einige Wiesen und Felder (Nr. 8, 19—22, 23—24, 29, 39—42) sind erst vor wenigen Jahren in Kultur genommen.

Tabelle II.

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
1	junges Getreide	8/5	13/6	36	<i>Nostoc spec. III.</i>
2		12	—	—	—
3	Gräser	8/5	5/6	28	<i>Cylindrospermum majus, C. marchicum.</i>
4		8/5	28/5	20	<i>Anabaena torulosa, Cylindrospermum majus, Nostoc muscorum.</i>
5	Rüben	29/8 12	30/9	32	<i>Anabaena torulosa, Cylindrospermum muscicola, Nostoc spec. III.</i>
6	Hafer (gemäht)	29/8	5/10	37	<i>Cylindrospermum minutissimum.</i>
7	Kartoffeln	29/8	—	—	—
8	Gräser	29/8	—	—	—
9	Kohl	9/7 13	4/8	26	<i>Cylindrospermum majus, Nostoc spec. III.</i>
10	Hafer	9/7	4/8	26	<i>Cylindrospermum majus, Phormidium autumnale.</i>
11	Gräser	9/7	26/7	17	<i>Anabaena variabilis, Cylindrospermum muscicola, Nostoc spec. I + III.</i>
12	„	13/9	—	—	—
		13	—	—	—
13	„	13/9	8/10	25	<i>Anabaena torulosa, Cylindrospermum majus, C. muscicola, Nostoc spec. III.</i>



Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten	
			am	nach Tagen		
14	Gräser	13/9	24/10	41	<i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> .	
15			18/10	35	<i>Cylindrospermum minutissimum</i> , <i>C. muscicola</i> .	
16	„	13/9	31/10	48	<i>Cylindrospermum minutissimum</i>	
17	„	13/9	—	—	—	
18			—	—	—	
19	Buchweizen	13/9	27/10	44	<i>Anabaena torulosa</i> .	
20			10/10	27	<i>Anabaena torulosa</i> .	
21			—	—	—	
22			—	—	—	
23	Gräser	18/5 12	24/6	37	<i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> .	
24			3/6	16	<i>Nostoc punctiforme</i> .	
25	junge Kartoffeln	30/5 12	—	—	—	
26			30/5	—	—	
27	Roggen	30/5	20/6	21	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>	
28			22/6	23	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>	
29	Lupinen	12/8 12	—	—	—	
30	Hafer	12/8	—	—	—	
31	Rüben	12/8	—	—	—	
32	Kartoffeln	11/7 13	11/8	31	<i>Cylindrospermum majus</i> .	
33	Hafer	11/7	4/8	24	<i>Cylindrospermum marchicum</i> , <i>C. minutissimum</i> .	
34	Gräser	13/8 13	1/9	19	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc muscorum</i> .	
35			13/8	29/8	16	Wie Nr. 34.
36			13/8	16/9	34	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
37	„	13/8	5/9	23	<i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>	
38			12/9	30	<i>Nostoc spec. III.</i>	

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
39	Buchweizen (abgeerntet)	6/9	—		—
40		13	—		—
41	„	6/9	24/10	48	<i>Nostoc spec. III.</i>
42		6/9	—		—
43	Gräser	6/9	24/10	48	<i>Nostoc spec. III.</i>
44		6/9	6/10	30	<i>Nostoc minutum.</i>
45		6/9	8/10	32	<i>Nostoc minutum.</i>

Reichlich die Hälfte der Proben (29) enthielt *Cyanophyceen*. Es ist bemerkenswert, daß daran die Wiesenproben stärker beteiligt sind als die Ackerproben (17 bzw. 12). Die ersten Spuren wurden nach 16—48 Tagen bemerkt; sie entwickelten sich meist nur langsam weiter. Festgestellt wurden folgende Arten:

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Anabaena torulosa</i> (8 mal) | 7. <i>Nostoc minutum</i> (2)        |
| 2. „ <i>variabilis</i> (3)          | 8. „ <i>muscorum</i> (3)            |
| 3. <i>Cylindrosp. majus</i> (11)    | 9. „ <i>punctiforme</i> (2)         |
| 4. „ <i>marchicum</i> (2)           | 10. „ <i>spec. I</i> (1)            |
| 5. „ <i>minutissimum</i> (4)        | 11. „ <i>spec. III</i> (11)         |
| 6. „ <i>muscolica</i> (7)           | 12. <i>Phormidium autumnale</i> (2) |

4 von diesen Arten (Nr. 7—10) fanden sich nur auf Wiesen, so daß diese die Äcker auch hinsichtlich der Mannigfaltigkeit der *Cyanophyceen* übertreffen. Im ganzen ist die Zahl der Arten nicht groß; sie steht bedeutend hinter der auf feuchtem Sandboden gefundenen zurück. Andererseits ist sie aber wesentlich größer als die des unbearbeiteten Sandbodens der Heide. Besonders häufig scheinen *Cylindrospermum majus* und *Nostoc spec. III* zu sein.

### 6. Bearbeiteter Lehmboden.

Lehmiger Boden findet sich vorwiegend im östlichen Schleswig-Holstein. Von da stammen auch die 37 Proben dieser Gruppe, die bei Sonderburg (Tabelle III, 1—17) und bei Eutin (Tabelle III, 18—37) gesammelt wurden, und zwar auf 6 Wiesen und 8 Äckern. Die letzteren trugen Hafer, Rüben und Gemüse oder waren kurz vorher

mit Saat bestellt. Durch eine merkliche Feuchtigkeit zeichneten sich die Proben 15 und 33—37 aus. An einigen Stellen, besonders bei Eutin, bemerkte ich auf dem Boden zahlreiche blaugrüne Flecke, so daß von vornherein reichlich *Cyanophyceen* zu erwarten waren.

Tabelle III.

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
1	(Saat)	10/4 13	30/4	20	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> .
2	„	10/4	4/5	24	Wie Nr. 1.
3	„	10/4	8/5	28	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Phormidium tenue</i> .
4	„	10/4	6/5	26	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
5	Gräser	4/5 13	—	—	—
6	„	4/5	17/5	13	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Phormidium tenue</i> .
7	„	4/5	22/5	18	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. II</i> .
8	„	18/5 13	21/5	3	<i>Anabaena laxa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>C. licheniforme</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
9	„	18/5	22/5	4	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
10	(gepflügt)	18/5	9/6	22	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> .
11	Gemüse	8/6 13	1/7	23	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc humifusum</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
12	junger Hafer	8/6	6/7	28	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
13	„	8/6	1/7	23	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
14	Gräser	8/6	—	—	—
15	„	3/7 13	16/7	13	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> , <i>N. muscorum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten				
			am	nach Tagen					
16	Rüben	26/7 13	13,8	18	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .				
17						26/7	13,8	18	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Calothrix sp.</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .
18	Hafer (gemäht)	1/9 13	3/9	2	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> .				
19						1/9	12/9	11	<i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>C. majus</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
20	„	1/9	3/9	2	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .				
21	„	1/9	16/9	15	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>C. licheniforme</i> , <i>Nostoc spec. II + III</i> .				
22						1/9	3/9	2	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
23						1/9	3/9	2	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc spec. I + II</i> , <i>Phormidium tenue</i> .
24	Hafer	1/9	3/9	2	<i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> .				
25						1/9	3/9	2	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .
26	„	1/9	3/9	2	<i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .				
27	„	1/9	3/9	2	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. II + III</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .				
28	niedrige Gräser	1/9	5/9	4	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nostoc ellipso sporum</i> , <i>N. punctiforme</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .				
29						1/9	5/9	4	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nostoc spec. II</i> .
30						1/9	5/9	4	<i>Anabaena laxa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Phormidium corium</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .



Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
31	niedrige Gräser	1/9	8/9	7	<i>Anabaena laxa</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Phormidium corium</i> , <i>P. tenue</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .
32			3/9	2	
33	hohe Gräser, Klee usw.	1/9	3/9	2	<i>Cylindrospermum catenatum</i> , <i>C. majus</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nostoc spec. II</i> , <i>Phormidium Retzii</i> .
34			12/9	11	
35	„	1/9	16/9	15	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Calothrix spec.</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Scytonema Hofmanni</i> .
36			8/9	7	
37	„	1/9	3/9	2	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> .

Von den 37 Proben blieben nur 2 ohne *Cyanophyceen*-Lager. Diese bedeckten sich aber bald mit zahlreichen Bakterien und Pilzmycelien. Es ist möglich, daß dadurch die Entwicklung etwa vorhandener *Cyanophyceen* verhindert wurde. Bei den übrigen 35 Proben traten die ersten Spuren nach 2—28 Tagen auf und wuchsen mehr oder weniger schnell zu ausgedehnten Lagern heran. Insgesamt wurden 23 Arten beobachtet.

- |   |  |
|---|--|
| 1. <i>Anabaena laxa</i> (6 mal), nur auf Wiesen     | 11. <i>Nostoc humifusum</i> (1), nur auf Äckern  |
| 2. <i>Anabaena torulosa</i> (12)                    | 12. <i>Nostoc microscopicum</i> (2)              |
| 3. „ <i>variabilis</i> (21)                         | 13. „ <i>muscorum</i> (2)                        |
| 4. <i>Calothrix spec.</i> (2)                       | 14. „ <i>punctiforme</i> (5)                     |
| 5. <i>Cylindrosp. catenatum</i> (6)                 | 15. „ <i>spec. I</i> (5)                         |
| 6. „ <i>licheniforme</i> (9)                        | 16. „ <i>spec. II</i> (7)                        |
| 7. „ <i>majus</i> (14)                              | 17. „ <i>spec. III</i> (13)                      |
| 8. „ <i>muscicola</i> (17)                          | 18. <i>Phormidium autumnale</i> (5)              |
| 9. <i>Microcoleus vaginatus</i> (6), nur auf Wiesen | 19. „ <i>corium</i> (3), nur auf Wiesen          |
| 10. <i>Nostoc ellipsosporum</i> (1), nur auf Wiesen | 20. <i>Phormidium Retzii</i> (1), nur auf Wiesen |

21. *Phormidium tenue* (4) | 23. *Tolypothrix tenuis* (3).  
 22. *Scytonema Hofmanni* (8)

Die *Cyanophyceen*-Flora des Lehmbodens ist mithin viel mannigfaltiger als die des (bearbeiteten) Sandbodens. Die auf letzterem festgestellten Arten finden sich hier bis auf 3 wieder, dazu kommen dann 14 weitere. Besonders häufig scheinen *Anabaena variabilis*, *A. torulosa*, *Cylindrospermum muscicola*, *C. majus* und *Nostoc spec. III* zu sein. Übrigens ist auch hier die Artenzahl für die Wiesen größer als für die Äcker.

### 7. Bearbeiteter Marschboden.

Die „Marsch“, deren Boden (Kleiboden) als Hauptbestandteil Ton (Kaolin) enthält, nimmt die westlichen Küstenstriche von Schleswig-Holstein, sowie die an die Elbe grenzenden Gebiete ein. Meine Proben stammen zur Hälfte aus der Gegend von Schulau (Tabelle IV, 1—20), zur anderen Hälfte aus der Nähe von Glückstadt (IV, 21—40), und zwar von 11 Wiesen und 10 Äckern. Auf den letzteren wurde Weizen, Hafer, Rüben, Kohl und Klee gebaut. Der Boden war meistens mehr oder weniger feucht, bei Schulau, wohl infolge Beimischung von Sand, durchweg lockerer als bei Glückstadt. Zwei von den Wiesen (Proben 27—29, 30—32) liegen vor dem Deiche und sind bisweilen überschwemmt. Deutliche blaugüne Flecke konnte ich, wohl wegen der dunklen Farbe des Bodens, nur an wenigen Stellen erkennen.

Tabelle IV.

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
1	Gräser	30/5	2/7	33	<i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc elipsosporum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .
2		12			
3	„	30/5	13/6	14	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
4	„	12/8	13/9	32	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Aulosira laxa</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
5	(Dauerweide)	14/10	—	—	—
6	Hafer	7/7	18/7	11	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>P. tenue</i> .
7		13			
8	„	7/7	21/7	14	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
			am	nach Tagen	
7	Hafer	7/7	21/7	14	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .
8			31/7	24	
9	Gräser	7/7	16/7	9	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
10			12/7	5	
11	„	22/7	8/8	17	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I + III</i> .
12			25/8	34	
13	Rüben	13/8 13	25/8	12	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I + III</i> .
14			25/8	12	
15			27/8	14	
16	Gräser	25/9 13	12/10	17	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
17			—	—	
18	Rüben	25/9	29/9	4	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
19			6/10	11	
20			29/9	4	
21	(Saat)	12/11 12	27/12	45	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
22	Klee	12/11	9/1	58	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
23	Kohl (abgeerntet)	12/11	27/12	45	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. III</i> .
24	Gräser	18/11 12	21/11	3	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Calothrix spec.</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc ellipso-sporum</i> , <i>N. microscopicum</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .

Nr.	Bemerkungen über die Vegetation	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten	
			am	nach Tagen		
25	Kohl	18/11	2/1	45	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. I.</i>	
26	(Saat)	18/11	9/1	52	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I.</i> , <i>N. muscorum</i> .	
27	Gräser (Dauerweide)	18/8	25/8	7	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>	
28		13	18,8	5/9	18	<i>Aulosira laxa</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>
29		18,8	22/9	35	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>	
30		18,8	29/8	11	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Aulosira laxa</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc sphaericum</i> .	
31		18,8	5/9	18	<i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>	
32	18,8	1/9	14	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Aulosira laxa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I.</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .		
33	Klee, Stoppeln	18/8	27/8	9	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>N. humifusum</i> .	
34		18,8	27/8	9	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Nostoc humifusum</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .	
35		18,8	29/8	11	<i>Cylindrospermum licheniforme</i> , <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I.</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .	
36	Weizen (gemäht)	18,8	29/8	11	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Calothrix spec.</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> .	
37		18,8	29/8	11	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> , <i>Nostoc spec. I.</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .	
38	Gräser	18,8	29/8	11	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Calothrix spec.</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> , <i>Nostoc spec. II.</i> , <i>Phormidium autumnale</i> .	
39		18,8	1/9	14	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Calothrix spec.</i> , <i>Nostoc ellipso sporum</i> , <i>N. microscopicum</i> , <i>N. sphaericum</i> , <i>Nostoc spec. I.</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> .	
40		18,8	1/9	14	<i>Anabaena laxa</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>Calothrix parietina</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc sphaericum</i> .	



Auf 38 Proben traten *Cyanophyceen* auf, bei den im Sommer angesetzt nach 4—35 Tagen, bei den im Winter angesetzten, abgesehen von einem Falle, erst viel später (nach 45—58 Tagen). Dieser Unterschied dürfte sich zur Hauptsache dadurch erklären, daß die letzteren nicht im Treibhause, sondern in einem, sich Nachts stark abkühlenden Zimmer standen. Unter solchen Umständen konnte das Auskeimen der Sporen und das Wachsen der Fäden nur langsam erfolgen. Im Sommer breiteten sie sich in der Regel schnell zu größeren Lagern aus. Es wurden im ganzen 22 Arten aufgefunden:

- |  |  |
|--|--|
| 1. <i>Anabaena laxa</i> (2), nur auf Wiesen          | 12. <i>Nostoc humifusum</i> (2), nur auf Äckern  |
| 2. <i>Anabaena torulosa</i> (22)                     | 13. <i>Nostoc microscopicum</i> (8)              |
| 3. „ <i>variabilis</i> (18)                          | 14. „ <i>muscorum</i> (4)                        |
| 4. <i>Aulosira laxa</i> (4), nur auf Wiesen          | 15. „ <i>punctiforme</i> (1), nur auf Wiesen     |
| 5. <i>Calothrix parietina</i> (1), nur auf Wiesen    | 16. <i>Nostoc sphaericum</i> (3), nur auf Wiesen |
| 6. <i>Calothrix spec.</i> (4)                        | 17. <i>Nostoc spec. I</i> (15)                   |
| 7. <i>Cylindrosp. licheniforme</i> (9)               | 18. „ <i>spec. II</i> (1), nur auf Wiesen        |
| 8. „ <i>majus</i> (13)                               | 19. „ <i>spec. III</i> (19)                      |
| 9. „ <i>muscicola</i> (23)                           | 20. <i>Phormidium autumnale</i> (10)             |
| 10. <i>Microcoleus vaginatus</i> (4)                 | 21. „ <i>tenuis</i> (1), nur auf Äckern          |
| 11. <i>Nostoc ellipso sporum</i> (3), nur auf Wiesen | 22. <i>Tolypothrix tenuis</i> (2).               |

Die *Cyanophyceen* des Marschbodens sind also nicht minder mannigfaltig als die des Lehmbodens. Die Arten stimmen hier und dort mit wenigen Ausnahmen überein. Auch findet sich hier wie dort dieselbe ungleiche Verteilung auf Wiesen und Äcker. Zu den häufigen Arten gehört hier auch *Nostoc spec. I*.

### 8. Vergleich der Ergebnisse.

Auf grund der mitgeteilten Untersuchungsergebnisse läßt sich die in der Einleitung aufgeworfene Frage leicht beantworten. Es sollte entschieden werden, ob die Verbreitung der *Cyanophyceen* von der Beschaffenheit des Bodens abhängt, d. h. ob sie auf verschiedenen Bodenarten verschieden häufig sind. Über die absolute Häufigkeit erlauben meine Untersuchungen allerdings kein Urteil, da die Proben nur einem begrenzten Gebiete entnommen und auch nicht zahlreich genug sind. Für die relative Häufigkeit dagegen ist der Prozentsatz der *Cyanophyceen* enthaltenden Proben ein brauchbarer Maßstab. Die Zahlen sind folgende: Marschboden (bearbeitet) 95 %, Lehm-

boden (bearbeitet) 94,6 %, feuchter Sandboden (unbearbeitet) 88,6 %, Sandboden (bearbeitet) 64,4 %, Waldboden 12,5 %, sandiger Heideboden 9 %, Moorboden 0 %. Daraus geht hervor, daß die *Cyanophyceen* auf den verschiedenen Böden in der Tat eine recht ungleiche Verbreitung haben. Namentlich fällt der beträchtliche Abstand zwischen den 4 zuerst genannten und den 3 letzten Bodenarten auf.

Diese Unterschiede können ihren Grund nur darin haben, daß die Lebensbedingungen für die *Cyanophyceen* verschieden günstig sind. Welche Umstände dabei im einzelnen in Frage kommen, ist natürlich auf grund eines beschränkten Tatsachenmaterials nicht zu entscheiden. Meine Untersuchungsergebnisse lassen aber doch erkennen, daß zwei Faktoren von wesentlicher und allgemeiner Bedeutung sind.

Der eine Faktor ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. Das ergibt sich, wenn man den Strandboden mit dem Heideboden vergleicht. Beide haben mit der sandigen Beschaffenheit eine gewisse Armut an Nährstoffen gemeinsam. Wenn trotzdem die *Cyanophyceen* am Strande so sehr viel häufiger sind als auf der Heide, so kann das nur eine Folge der größeren Feuchtigkeit sein. Zu demselben Schluß führt ein Vergleich der Wiesen und Äcker. Wie oben mehrfach hervorgehoben, tragen die ersteren bei gleicher chemischer Beschaffenheit des Bodens mehr Arten von *Cyanophyceen* als die letzteren. Das Verhältnis der Artenzahl ist beim Sandboden 12 : 8, beim Lehm Boden 22 : 18, beim Marschboden 20 : 15; und insgesamt wurden auf den Wiesen 28, auf den Äckern nur 21 Arten festgestellt. Dieser Unterschied läßt sich wohl kaum anders als durch die verhältnismäßig größere und konstantere Feuchtigkeit der Wiesen erklären. Übrigens lehrt ja schon die leicht zu beobachtende Vermehrung der *Cyanophyceen* nach starken Niederschlägen, wie außerordentlich wichtig die Feuchtigkeit für ihr Gedeihen ist.

Der zweite Faktor ist der Gehalt des Bodens an Nährsalzen. Das zeigt sich besonders deutlich, wenn man den unbearbeiteten Sandboden (Heideboden) dem bearbeiteten gegenüberstellt. Beide haben eine lockere Struktur und demgemäß denselben geringen Feuchtigkeitsgehalt. Wenn trotzdem der bearbeitete Boden eine reichere *Cyanophyceen*-Flora hat als der unbearbeitete, so kann das nur mit dem größeren Nährsalzgehalt zusammenhängen, der ihm durch die Düngung zugeführt wurde. Ein entsprechendes Ergebnis hat ein Vergleich der bearbeiteten Böden untereinander. Auf dem Marsch- und Lehm Boden sind die *Cyanophyceen* bedeutend häufiger und auch mannigfaltiger als auf dem Sandboden. Zum Teil ist das wohl ihrer größeren „wasserhaltenden Kraft“, zum Teil aber

auch ihrem natürlichen Reichtum an mineralischen Nährstoffen zuzuschreiben. Ein weiteres Beispiel — entgegengesetzter Art — liefert der Moorboden. Auf diesem sind die *Cyanophyceen*, nach meinen Beobachtungen wenigstens, ziemlich selten. Da ihnen hier fast stets reichlich Feuchtigkeit zur Verfügung steht, liegt es nahe, den Mangel an Mineralsalzen dafür verantwortlich zu machen.

Das Gedeihen der *Cyanophyceen* hängt also einerseits von der Feuchtigkeit, andererseits von dem Nährsalzgehalt des Bodens ab. Indem beide sich in verschiedenem Grade abstufen und in wechselnder Weise verbinden, schaffen sie hier mehr, dort weniger günstige Lebensbedingungen und regeln so, zur Hauptsache wenigstens, die Verbreitung der *Cyanophyceen*.

Auf ein und demselben Boden können die Bedingungen und damit die Häufigkeit der *Cyanophyceen* zu verschiedenen Zeiten wechselnd sein. In Regenperioden wird im allgemeinen eine Vermehrung, in Dürrezeiten eine Verminderung des Bestandes eintreten. Immer bleibt aber die jeweilige Bodenbeschaffenheit von maßgebender Bedeutung.

Die früher von mir ausgesprochene Vermutung, daß die *Cyanophyceen* auf bearbeiteten (gedüngten) Böden häufiger sind als auf unbearbeiteten, hat sich nach dem Gesagten nur teilweise bestätigt. Wenn die verglichenen Böden gleich feucht sind, dürfte sie im allgemeinen zutreffen. Wenn die Feuchtigkeit aber größere Unterschiede aufweist, kann sich das Verhältnis auch umkehren.

## II. Das Vorkommen von *Cyanophyceen* im Boden.

Um ein Urteil über die Verbreitung der *Cyanophyceen* im Boden zu gewinnen, habe ich, gleichfalls nach der oben beschriebenen Methode, im ganzen 129 Proben aus den Unterschichten des Bodens — ich will sie kurz „Tiefenproben“ nennen — untersucht. Es wurden dabei alle im ersten Teil der Arbeit genannten Bodenarten, wenn auch nicht in gleichem Maße, berücksichtigt: 33 Proben stammen aus dem Boden der Marsch, 23 aus lehmigem Boden, 21 aus bearbeitetem Sandboden, 22 aus feuchtem Sandboden und je 10 aus Wald-, Heide- und Moorboden.

Die Tiefenproben wurden an genau denselben Stellen gesammelt wie die Oberflächenproben. So konnten die unten und oben gefundenen *Cyanophyceen* verglichen und die Möglichkeit einer Verschleppung beurteilt werden. Die Proben wurden zum größten Teil (107) aus 10—25 cm, die übrigen aus 30—35, 40 und 50 cm Tiefe genommen.

Beim Sammeln der Tiefenproben ist einige Vorsicht erforderlich, wenn man einwandfreie Ergebnisse erzielen will. Man darf nicht einfach so verfahren, daß man bis zu der jeweils gewünschten Tiefe in den Boden gräbt und vom Grunde des Loches Erde in die Schalen füllt. Beim Graben stürzen gar zu leicht Bodenteilchen von der Oberfläche nach, und wenn diese mit in die Tiefenproben gelangen, können sie das Untersuchungsergebnis fälschen. Ich pflegte vielmehr ein Stück über die gewünschte Tiefe hinaus zu graben und dann von der Seitenwand des Loches aus den Spaten in die Erde zu führen. Auf diese Weise scheint mir Gewähr geboten, daß die Proben nebst den in ihnen enthaltenen Algen wirklich aus der betreffenden Tiefe stammen.

Ich gliedere die Besprechung der Tiefenproben in vier Abschnitte: 1. Ackerproben, 2. Wiesenproben, 3. Proben aus feuchtem Sandboden, 4. Proben aus Wald-, Heide- und Moorboden. Im Anschluß daran soll dann erörtert werden, wie das Vorkommen der *Cyanophyceen* im Boden vermutlich zu erklären ist.

### 1. Ackerproben.

Tabelle V.

Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten *
				am	nach Tagen	
1	II, 29 <sup>1)</sup>	10—15	12/8	—	—	—
2	„	10—15	12/8	—	—	—
3	II, 30	10—15	12/8	—	—	—
4	II, 31	10—15	12/8	—	—	—
5	II, 5	10—15	29/8	3/10	35	<i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
6	II, 6	10—15	29/8	?	?	* <i>Cylindrospermum minutissimum.</i>
7	II, 7	10—15	29/8	—	—	—
8	II, 9	ca. 15	9/7	6/8	28	* <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
9	II, 10	20—25	9/7	31/7	22	* <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc muscorum.</i>
10	II, 32	20—25	11/7	11/8	31	* <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>
11	„	30—35	11/7	4/8	24	Wie Nr. 10.

<sup>1)</sup> Die römische Ziffer gibt die Tabelle, die arabische die Nummer der betr. Probe an.



Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
				am	nach Tagen	
12	II, 33	20—25	11/7	6/8	26	* <i>Cylindrospermum marchicum</i> , * <i>C. minutissimum</i> .
13	„	30—35	11/7	11/8	31	* <i>Cylindrospermum minutissimum</i> .
14	III, 2	10—15	10/4	11/5	31	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>A. variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc punctiforme</i> .
15	III, 4	ca. 20	10/4	4/5	24	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .
16	III, 10	ca. 20	18/5	6/6	19	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc punctiforme</i> .
17	„	ca. 30	18/5	2/6	15	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc punctiforme</i> .
18	III, 11	10—15	8/6	27/6	19	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc humifusum</i> .
19	„	20—25	8/6	27/6	19	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .
20	III, 12	10—15	8/6	1/7	23	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Calothrix spec.</i> , * <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> , * <i>Phormidium autumnale</i> .
21	„	20—25	8/6	11/7	33	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Calothrix spec.</i> , * <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .
22	III, 13	10—15	8/6	1/7	23	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum catenatum</i> , * <i>C. muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .
23	„	20—25	8/6	1/7	23	Wie Nr. 22.
24	III, 16	20—25	26/7	15/8	20	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>C. muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I</i> , * <i>Tolypothrix tenuis</i> .
25	III, 17	20—25	26/7	15/8	20	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc microscopicum</i> , * <i>Nostoc spec. I</i> .
26	IV, 21	ca. 15	12/11	9/1	58	* <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>C. muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .
27	„	ca. 25	12/11	9/1	58	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>C. muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .
28	IV, 22	ca. 25	12/11	12/1	61	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>A. variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>Nostoc spec. III</i> .



Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
				am	nach Tagen	
29	IV, 23	ca. 25	12/11	4/1	53	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
30	IV, 25	10—15	18/11	9/1	52	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>A. variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
31	„	20—25	18/11	9/1	52	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>A. variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> .
32	IV, 26	10—15	18/11	2/1	45	* <i>Anabaena variabilis</i> , <i>Calothrix spec.</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>C. muscicola</i> .
33	„	20—25	18/11	15/1	58	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc spec. III.</i>
34	IV, 5	ca. 15	7/7	21/7	14	* <i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>C. muscicola</i> , <i>Nostoc microscopicum</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
35	„	ca. 30	7/7	21/7	14	Wie Nr. 34.
36	IV, 6	ca. 15	7/7	21/7	14	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i> , * <i>N. microscopicum</i> .
37	„	ca. 30	7/7	24/7	17	Wie Nr. 36.
38	IV, 7	ca. 15	7/7	23/7	16	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i> , <i>N. microscopicum</i> .
39	„	ca. 30	7/7	23/7	16	Wie Nr. 38.
40	IV, 8	ca. 15	7/7	26/7	19	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>Nostoc ellipso sporum</i> , * <i>N. microscopicum</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
41	„	ca. 30	7/7	29/7	22	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i> , * <i>N. microscopicum</i> .
42	IV, 7	ca. 40	22/7	27/8	36	* <i>Nostoc spec. I.</i>
43	„	„	22/7	25/8	34	* <i>Nostoc spec. I.</i>
44	„	ca. 50	22/7	25/8	34	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
45	„	„	22/7	8/9	48	* <i>Nostoc spec. I.</i>

Es wurden 45 Proben untersucht, von denen 13 aus sandigem (Nr. 1—13), 12 aus lehmigem (Nr. 14—25) und 20 aus Marschboden (Nr. 26—45) genommen sind. Nur 5 Proben enthielten keine *Cyanophyceen*. Diese stammten ausnahmslos von solchen Stellen, die auch

an der Oberfläche keine trugen. Die übrigen 40 Proben stammten andererseits von Stellen, wo auch auf dem Boden *Cyanophyceen* zu finden waren. Es wird daher lehrreich sein, die oben und unten gefundenen Arten miteinander zu vergleichen. In den Tiefenproben wurden insgesamt 18 Arten gezählt: *Anabaena torulosa*, *A. variabilis*, *Calothrix spec.*, *Cylindrospermum catenatum*, *C. licheniforme*, *C. majus*, *C. marchicum*, *C. minutissimum*, *C. muscicola*, *Nostoc ellipso sporum*, *N. humifusum*, *N. microscopicum*, *N. muscorum*, *N. punctiforme*, *Nostoc spec. I*, *Nostoc spec. III*, *Phormidium autumnale*, *Tolypothrix tenuis*. In den Oberflächenproben wurden 21 Arten festgestellt, und zwar *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc spec. II*, *Phormidium tenue*, *Scytonema Hofmanni* und die eben aufgeführten außer *Nostoc ellipso sporum*. Es stellt sich also eine nahezu vollständige Übereinstimmung zwischen den im und auf dem Boden vorkommenden Arten heraus. Eine solche zeigt sich auch, wenn man nur die von ein und derselben Stelle genommenen Proben zusammenhält: Die in den einzelnen Tiefenproben gefundenen Arten treten zum allergrößten Teil auch in der zugehörigen Oberflächenprobe auf. Um einen raschen Überblick zu ermöglichen, habe ich in der Tabelle diese Arten mit einem \* bezeichnet.

Diese durchgehende Übereinstimmung erklärt sich ungezwungen, wenn man eine Verschleppung der *Cyanophyceen* von der Oberfläche in die Tiefe annimmt. Beim Ackerboden liegt das besonders nahe, da seine oberen Schichten schon durch das Pflügen in beträchtlichem Maße umgelagert und vermengt werden. Ferner käme die Tätigkeit von tierischen Organismen, besonders Regenwürmern, in Frage, die einen mehr minder regen Austausch zwischen der Oberfläche und den Unterschichten des Bodens vermitteln. Auch das versickernde Regenwasser könnte, wenigstens in lockeren Böden, *Cyanophyceen* mit sich führen.

Wenn eine solche Verschleppung vorliegt, müssen die obersten Schichten des Bodens stärker mit *Cyanophyceen* durchsetzt sein, als tiefere, die beim Pflügen nicht mehr in Bewegung gesetzt werden. Umgekehrt ist in letzteren eine geringere Mannigfaltigkeit und Menge von *Cyanophyceen* zu erwarten. Das bestätigen in der Tat die Proben 34—45. Sie stammen sämtlich von demselben Acker (vergleiche IV, 5—8), Nr. 34—41 aus 15—30 cm Tiefe (vom Grunde der Furchen an gerechnet), Nr. 42—45 aus 40 und 50 cm Tiefe. Die ersteren enthalten, wie die von der Oberfläche, je 4—5 Arten, die letzteren nur je 1—2. Daß auch die Menge der *Cyanophyceen* in diesen geringer war, glaube ich aus dem späteren Auftreten der ersten Spuren und aus der Kleinheit der entwickelten Lager schließen zu dürfen.

Mit der angenommenen Verschleppung stehen vereinzelte Unterschiede zwischen den auf und den im Boden gefundenen Arten nicht im Widerspruch. Die Proben wurden an nahezu senkrecht übereinander liegenden Stellen genommen. Die Verschleppung erfolgt aber auch in schräger Richtung; so werden namentlich beim Pflügen die Erdschichten auch seitlich verschoben. Das kann dann dazu führen, daß die unten und oben angetroffenen Arten nicht ganz übereinstimmen. Außerdem ist zu bedenken, daß sich an einer Stelle neben den alten neue Arten ansiedeln können. Diese werden zunächst nur an der Oberfläche zu finden sein, erst später, nachdem einer der Verschleppungsfaktoren in Wirksamkeit getreten ist, auch in geringerer oder größerer Tiefe.

## 2. Wiesenproben.

Tabelle VI.

Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
				am	nach Tagen	
1	II, 8	10—15	29/8	—		—
2	„	20—25	29/8	—		—
3	II, 11	ca. 15	9/7	31/7	22	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
4	II, 37	ca. 20	13/8	8,9	26	* <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
5	II, 38	ca. 20	13/8	12,9	30	<i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
6	II, 18	10—15	13/9	—		—
7	„	20—25	13/9	—		—
8	„	30—35	13/9	—		—
9	III, 5	ca. 15	4/5	—		—
10	„	ca. 25	4/5	—		—
11	III, 7	20—25	4/5	28,5	24	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> .
12	III, 8	10—15	18,5	10,6	23	* <i>Anabaena laxa</i> , * <i>Cylindrospermum catenatum</i> .
13	„	20—25	18,5	6,6	19	Wie Nr. 12.
14	III, 9	10—15	18,5	10,6	23	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> .
15	„	20—25	18,5	20,6	33	Wie Nr. 14.

Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
				am	nach Tagen	
16	III, 14	10—15	8/6	5/7	27	<i>Anabaena variabilis</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , <i>Nostoc spec. I.</i>
17	III, 15	10—15	3/7	18/7	15	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i> , * <i>N. microscopicum</i> .
18	„	20—25	3/7	21/7	18	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
19	„	30—35	3/7	26/7	23	* <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
20	IV, 2	10—15	30/5	13/6	14	<i>Anabaena torulosa</i> , * <i>A. variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> .
21	IV, 3	10—15	12/8	13/9	32	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Aulosira laxa</i> , * <i>Cylindrospermum licheniforme</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
22	IV, 4	ca. 15	14/10	—	—	—
23	„	ca. 30	14/10	13/12	60	<i>Anabaena torulosa</i> .
24	„	ca. 40	14/10	—	—	—
25	IV, 24	10—15	18/11	8/1	51	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Calothrix spec.</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc eliposporum</i> , <i>N. muscorum</i> .
26	„	20—25	18/11	15/1	58	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Calothrix spec.</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
27	IV, 9	ca. 15	7/7	4/8	28	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
28	„	ca. 30	7/7	4/8	28	* <i>Nostoc spec. III.</i>
29	IV, 10	ca. 15	7/7	21/7	14	<i>Calothrix spec.</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc punctiforme</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
30	„	ca. 30	7/7	23/7	16	<i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc punctiforme</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
31 <sup>1)</sup>	IV, 11	ca. 20	22/7	8/8	17	* <i>Anabaena torulosa</i> , <i>A. variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>C. muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
32 <sup>1)</sup>	„	ca. 40	22/7	11/8	20	* <i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , * <i>C. muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>

<sup>1)</sup> Beim Graben nach diesen Proben wurde ein (Maulwurfs-?) Gang angeschnitten.

Diese Gruppe umfaßt 32 Proben, von denen 8 (Nr. 1—8) aus sandigem, 11 (Nr. 9—19) aus lehmigem und 13 (Nr. 20—32) aus Marschboden stammen. Die obige Tabelle zeigt vor allem, daß das Vorkommen der *Cyanophyceen* im Boden — entgegen meiner früheren Annahme — nicht auf Äcker beschränkt ist. Sie sind vielmehr auch im Wiesenboden nicht selten. Von den untersuchten Proben enthielten 23 *Cyanophyceen*. Diese stammen bis auf 2 von Stellen, die solche auch an ihrer Oberfläche trugen; nur die zu den Nr. 16 und 23 gehörigen Proben wiesen keine *Cyanophyceen* auf. Andererseits stammen die übrigen 9 Proben von Stellen, die an der Oberfläche von *Cyanophyceen* frei waren.

Wir vergleichen zunächst wieder die auf und im Boden gefundenen Arten in ihrer Gesamtheit. Dabei müssen wir aus naheliegenden Gründen von den Wiesen absehen, von denen nur Oberflächenproben genommen wurden. Die Tiefenproben enthielten im ganzen 15 Arten, nämlich: *Anabaena laxa*, *A. torulosa*, *A. variabilis*, *Aulosira laxa*, *Calothrix spec.*, *Cylindrospermum catenatum*, *C. licheni-forme*, *C. majus*, *C. muscicola*, *Nostoc ellipsosporum*, *N. microscopicum*, *N. muscorum*, *N. punctiforme*, *Nostoc spec. I + III*. Die entsprechenden Oberflächenproben enthielten 20 Arten, und zwar außer den eben aufgezählten noch *Microcoleus vaginatus*, *Nostoc spec. II*, *Phormidium autumnale*, *P. tenue* und *Tolypothrix tenuis*. Die bei den Ackerproben herrschende Übereinstimmung findet sich hier also, wenn auch in etwas schwächerem Grade, wieder. Vergleicht man die einzelnen Tiefenproben mit den zugehörigen Oberflächenproben, so wird das noch deutlicher: Die unteren Schichten enthalten ganz überwiegend solche Arten, die an derselben Stelle auch oben vorkommen (in der Tabelle mit einem \* bezeichnet).

Aus diesen Gründen ist auch bei den Wiesen eine *Verschleppung der Cyanophyceen* wahrscheinlich. Als wirksame Faktoren kommen hauptsächlich tierische Organismen und (bei lockerem Boden) Sickerwasser in Betracht. Daneben mag zuweilen das Pflügen eine Rolle spielen. In Schleswig-Holstein nämlich werden die Wiesen meistens in die Fruchtfolge einbezogen, d. h. sie gehen aus Ackerland hervor und werden nach einer bestimmten Zeit wieder in solches übergeführt. Wenn nun die Umwandlung des Ackers in Weideland nicht zu weit zurückliegt, kann dieses vielleicht noch lebende *Cyanophyceen* enthalten, die beim letzten Pflügen in die Erde gelangten. Diese Möglichkeit liegt z. B. bei der Wiese vor, von welcher die Proben 25 und 26 stammen: Sie war wenige Monate vor dem Sammeln der Proben noch Ackerland. In den meisten Fällen handelt es sich aber um Wiesen, die vor einem oder mehreren Jahren zuletzt gepflügt waren, in 2 Fällen



(Nr. 16 und 22—24) sogar um Dauerweiden. Bei der Mehrzahl der Wiesen dürfte demnach die Verschleppung ausschließlich durch die beiden anderen Faktoren erfolgt sein.

Gelegentliche Abweichungen der unten von den oben gefundenen Arten sind auch bei dieser Verschleppungsweise verständlich. Die Röhren und Gänge der im Boden lebenden Tiere verlaufen ja nicht allein in senkrechter, sondern in allen möglichen Richtungen. So müssen gerade wie beim Pflügen seitliche Verschleppungen und dadurch „Unregelmäßigkeiten“ in der Verteilung der Arten zustandekommen. Unter Umständen werden die *Cyanophyceen* dabei an weiter von ihrem ursprünglichen Standort entfernte Stellen getragen. Wenn nun der Erdboden über einer solchen Stelle zufällig ganz frei von *Cyanophyceen* ist, so tritt der Fall ein, der bei den Proben 16 und 23 vorliegt, daß nämlich wohl die Tiefenprobe, aber nicht die zugehörige Oberflächenprobe *Cyanophyceen* enthält.

### 3. Proben aus feuchtem Sandboden.

Diese Gruppe von Tiefenproben bildet das Gegenstück zu der 4. Gruppe der Oberflächenproben (Seite 230—234). Sie umfaßt 22 Proben, von denen 7 (Tabelle VII, 1—7) vom Elbstrand, weitere 7 vom Teichrand (VII, 8—14) und 8 vom Ostseestrand (VII, 15—22) stammen.

Tabelle VII.

Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste Spuren		Aufgefundene Arten
				am	nach Tagen	
1	I, 4	10—15	19,9	—		—
2	I, 5	10—15	19,9	10/10	21	* <i>Anabaena torulosa</i> , <i>Calothrix Braunii</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
3	I, 11	ca. 15	5/4	4/5	29	<i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i>
4	„	ca. 25	5/4	4/5	29	<i>Anabaena torulosa</i> , <i>Cylindrospermum muscicola</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i> , * <i>Phormidium Retzii</i> .
5	I, 12	ca. 15	5/4	11/5	36	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum muscicola</i> .
6	„	ca. 25	5/4	20/5	45	<i>Anabaena torulosa</i> , * <i>Nostoc paludosum</i> .
7	I, 13	ca. 15	5/4	26/5	51	* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Nostoc spec. I.</i> , * <i>Nostoc spec. III.</i>
8	I, 18	ca. 10	5/4	26/5	51	* <i>Cylindrospermum minutissimum</i> .
9	„	ca. 20	5/4	17/5	42	Wie Nr. 8.

Nr.	Zugehörige Oberfl.-probe	Tiefe (cm)	Beginn der Kultur	Erste am	Spuren		Aufgefundene Arten
						nach Tagen	
10	I, 19	ca. 10	5/4	22/5	47		* <i>Nostoc muscorum</i> .
11	„	ca. 20	5/4	20/5	45		* <i>Cylindrospermum minutissimum</i> .
12	I, 20	ca. 10	5/4	24/5	49		* <i>Anabaena variabilis</i> , * <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. marchicum</i> .
13	„	ca. 20	5/4	20/5	45		* <i>Cylindrospermum majus</i> , <i>C. marchicum</i> .
14	I, 21	ca. 10	5/4	26/5	51		* <i>Anabaena oscillarioides</i> , * <i>Nostoc muscorum</i> , * <i>Tolypothrix tenuis</i> .
15	I, 22	10—15	3/7	2/8	30		* <i>Anacystis Reinboldi</i> , * <i>Aphanothece Naegelii</i> , <i>Nostoc paludosum</i> .
16	„	20—25	3/7	4/8	32		<i>Nodularia harveyana</i> , <i>Nostoc spec. I</i> .
17	I, 23	10—15	3/7	4/8	32		* <i>Aphanothece Naegelii</i> .
18	„	20—25	3/7	31/7	28		* <i>Aphanothece Naegelii</i> , <i>Gloeocapsa quaternata</i> .
19	I, 24	10—15	3/7	4/8	32		<i>Aphanothece Naegelii</i> , * <i>Nostoc paludosum</i> .
20	„	20—25	3/7	8/8	36		<i>Aphanothece Naegelii</i> , * <i>Nostoc paludosum</i> , * <i>Nostoc spec. I</i> .
21	I, 25	ca. 20	3/7	21/7	18		<i>Anabaena torulosa</i> , * <i>A. variabilis</i> , <i>Cylindrospermum spec.</i> , * <i>Nodularia harveyana</i> .
22	„	ca. 30	3/7	24/7	21		<i>Nostoc paludosum</i> , * <i>Nostoc spec. I</i> .

Wie die Tabelle zeigt, sind die *Cyanophyceen* auch im gänzlich unbearbeiteten feuchten Sandboden ziemlich verbreitet. Sie fehlten nur in einer Probe. Im ganzen treten hier 20 Arten auf, während an der Oberfläche 32 gezählt wurden. Es besteht also im Gegensatz zu der mehr oder minder vollständigen Übereinstimmung bei den Äckern und Wiesen ein beträchtlicher Unterschied.

Am auffallendsten ist er insbesondere bei den Proben vom Elbstrand. Hier wurden oben 22 Arten festgestellt (vergl. Seite 233), unten nur 9: *Anabaena torulosa*, *A. variabilis*, *Calothrix Braunii*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc paludosum*, *N. punctiforme*, *Nostoc spec. I + III* und *Phormidium Retzii*.

Weniger bedeutend ist der Unterschied bei den Proben vom Teichrand. Die oberflächlichen enthielten 12 Arten (vgl. Seite 233), die tieferen 7: *Anabaena oscillarioides*, *A. variabilis*, *Cylindrospermum*

*majus*, *C. marchicum*, *C. minutissimum*, *Nostoc muscorum* und *Tolythrix tenuis*.

Bei den Proben vom Ostseestrand ist der Unterschied nur unwesentlich. Die auf Seite 234 aufgezählten Arten fanden sich mit Ausnahme von *Anabaena oscillarioides* und *Aphanothece microspora* auch in den Tiefenproben; dazu kommen *Gloeocapsa quaternata* und *Cylindrospermum spec.*

Vergleicht man im einzelnen die zu denselben Stellen gehörenden Proben, so ergibt sich am Teichrand eine ziemlich „regelmäßige“ Verteilung der Arten: Die Unterschichten enthalten, abgesehen von *Cylindrospermum marchicum*, keine anderen Arten als die entsprechenden Oberflächenproben. Am Elb- und Ostseestrand dagegen treten mehrfach Unregelmäßigkeiten auf, indem sich unten andere und zahlreichere Arten finden als oben (z. B. Nr. 4, 16, 18, 21).

Trotz dieser Abweichungen glaube ich, auch hier eine Verschleppung der *Cyanophyceen* annehmen zu dürfen. Eine solche kann einmal durch versickerndes Wasser, sodann durch Überlagern von Sand vollzogen werden. Beides wird durch die lockere Beschaffenheit des Bodens entschieden begünstigt. Dagegen kommen tierische Organismen wohl nur selten in Betracht. In den beiden Strandgebieten dürften die Umlagerungen des Sandes durch Wind und Wasser die Hauptrolle spielen. Die Stellen, von denen meine Proben stammen, liegen sämtlich innerhalb des Hochwasserbereiches, werden also öfters überflutet und bei stürmischem Wetter vom Wasser aufgewühlt. Dabei werden auf dem Sande ausgebreitete *Cyanophyceen*-Lager leicht verschüttet und gelangen so unter Umständen in beträchtliche Tiefen (vgl. E. Warming, a. a. O.). Wenn das Wasser wieder zurückgegangen ist, können sich oberhalb der verschütteten neue *Cyanophyceen* ansiedeln. Darunter werden nicht selten andere Arten sein, so daß sich ganz von selbst die oben gekennzeichnete unregelmäßige Verteilung der Arten ergibt. Insbesondere wird auf diese Weise das vereinzelte Vorkommen von *Gloeocapsa* (Nr. 18) und *Cylindrospermum* (Nr. 21) verständlich.

Im Gegensatz zum Strandboden bleibt der Boden am Teichrand von gewaltsamen Umlagerungen verschont. Es nimmt daher nicht wunder, daß hier die unten und oben gefundenen Arten besser übereinstimmen.

#### 4. Proben aus Wald-, Heide- und Moorboden.

Von den übrigen Arten unbearbeiteter Böden wurden nur je 10 Tiefenproben (10—25 cm) angesetzt. Sie enthielten ohne Ausnahme keine *Cyanophyceen*. Man muß also annehmen, daß sie

hier viel seltener als in den anderen untersuchten Böden sind. Bei ihrer geringen Häufigkeit an der Oberfläche des Wald-, Heide- und Moorbodens ist das auch nicht verwunderlich: Wenn die *Cyanophyceen*, wie es die Beobachtungen an den übrigen Tiefenproben wahrscheinlich machen, nur durch Verschleppung in die Erde gelangen, so setzt ihr Vorkommen im Boden das Vorhandensein von genügend großen Lagern an der Oberfläche voraus. Wachsen hier keine oder wenige *Cyanophyceen*, so fehlt es eben an dem Material, das verschleppt werden könnte, d. h. sie werden in den Unterschichten nicht oder nur selten anzutreffen sein. Die Richtigkeit dieser Vermutung bestätigt sich, wenn man die einzelnen von der gleichen Stelle genommenen Proben zusammenhält. Die zugehörigen Oberflächenproben enthielten in den meisten Fällen gar keine, in 3 Fällen nur geringe Mengen von *Cyanophyceen*.

### 5. Wie erklärt sich das Vorkommen der Cyanophyceen im Boden?

Die Untersuchung der Tiefenproben hat vor allem gezeigt, daß den *Cyanophyceen* im Boden eine weitere Verbreitung zukommt, als ich auf grund meiner früheren Arbeit annahm. Sie scheinen an allen Örtlichkeiten, die auf dem Boden eine reiche *Cyanophyceen*-Flora tragen, auch im Boden mehr minder häufig zu sein. Es wurden besonders in 10—25 cm, doch auch noch in 40 und 50 cm Tiefe *Cyanophyceen* gefunden. Gleichzeitig aber haben Vergleiche der jeweils an der Oberfläche und in den Unterschichten des Bodens vorkommenden Arten es wahrscheinlich gemacht, daß es sich um verschleppte *Cyanophyceen* handelt. Bei der Verschleppung wirken Umlagerungen der obersten Erdschichten mit der Tätigkeit von tierischen Organismen und Sickerwasser zusammen. Solange also an der Oberfläche *Cyanophyceen* wachsen und sich vermehren und wenigstens einer dieser Faktoren wirksam ist, gelangen fortwährend neue Fäden in die Erde.

Damit ist das Vorkommen der *Cyanophyceen* im Boden aber erst teilweise erklärt. Es ist nur dann voll verständlich, wenn die verschleppten Fäden wenigstens eine Zeitlang am Leben bleiben. Daß sie dazu imstande seien, war mir von vornherein ziemlich wahrscheinlich, da manche Arten nach den Beobachtungen verschiedener Forscher wochen- und monatelange Lichtentziehung vertragen können, ohne ihre normale Farbe zu verlieren und das Leben einzubüßen. Das gibt z. B. A. Hansgirg<sup>1)</sup> für *Oscillarien*,

<sup>1)</sup> Physiologische und algologische Studien, S. 17. 1887.



E. Zacharias<sup>1)</sup> für *Oscillarien* und *Scytonema*, R. Bouilhac<sup>2)</sup> für *Nostoc punctiforme*, R. Hegler<sup>3)</sup> für *Oscillaria limosa* und *Aphanothece stagnina*, F. G. Kohl<sup>4)</sup> für *Tolypothrix* u. a., J. Brunenthaler<sup>5)</sup> für *Gloeothece rupestris*, schließlich E. G. Pringsheim<sup>6)</sup> für *Oscillarien* und eine *Nostoc*-Art an. Die verdunkelten *Cyanophyceen* wurden meist auf organischen, zum Teil auch auf anorganischen Substraten kultiviert. Nach den neuesten Untersuchungen von K. Boresch<sup>7)</sup> und B. Schindler<sup>8)</sup> sind *Oscillarien* u. a. Arten im Dunkeln sogar imstande, Chlorophyll und Phycocyan neu zu bilden, wenn ihnen nur genügend geeignete Stickstoffverbindungen zur Verfügung stehen.

Alle diese Versuche machen es, wie gesagt, sehr wahrscheinlich, daß die verschleppten *Cyanophyceen* auch im Erdboden, wo ihnen das Licht vollkommen fehlt, weiter zu vegetieren vermögen. Als ausreichende Beweise dafür können sie aber aus zwei Gründen nicht gelten: Einmal wurden bei ihnen Nährmedien verwendet, deren mehr oder weniger einseitige Zusammensetzung den natürlichen Verhältnissen des Bodens nicht entspricht. Sodann kommt bei ihnen der wichtige Umstand nicht zum Ausdruck, daß die *Cyanophyceen* im Boden allseitig von Erde umgeben sind.

Angesichts dieser Bedenken scheint der gegebene Weg, die vorliegende Frage zu beantworten, der zu sein, daß man die Tiefenproben direkt nach lebenden Fäden durchsucht. Man wird dann allerdings öfters blaugrüne, also anscheinend lebende Fäden entdecken. Aber es bleibt immer unsicher, ob diese bereits längere oder erst ganz kurze Zeit im Boden gelegen haben. Der Beweis ist also in anderer Richtung lückenhaft.

Entscheiden können meines Erachtens nur Versuche mit künstlich in die Erde eingeschlossenen *Cyanophyceen*, bei denen die Bedingungen den natürlichen Ver-

1) Über die Zellen der *Cyanophyceen*. Bot. Ztg. 48, S. 54 ff. 1890.

2) Sur la végétation d'une plante verte, le *Nostoc punctiforme*, à l'obscurité absolue. Compt. Rend. 126, S. 1583. 1898.

3) Untersuchungen über die Organisation der *Phycochromaceen*-Zelle. Jahrb. f. wiss. Bot. 36, S. 290. 1901.

4) Die Organisation und Physiologie der *Cyanophyceen*-Zelle usw., S. 81. 1903.

5) Der Einfluß äußerer Faktoren auf *Gloeothece rupestris*. Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. Wien, Naturw.-math. Kl. 118, I, S. 501—571. 1909.

6) Zur Physiologie der *Schizophyceen*. Beitr. z. Biologie der Pflanzen XII, 1, S. 84—85. 1913.

7) Die Färbung von *Cyanophyceen* und *Chlorophyceen* in ihrer Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt des Substrats. Jahrb. f. w. Bot. 52, S. 145—185. 1913.

8) Über den Farbenwechsel der *Oscillarien*. Zeitschr. f. Bot. 5, 553—555. 1913.



hältnissen entsprechen und die Zeit des Aufenthalts in der Erde bekannt ist. Zu diesem Zwecke habe ich folgenden Weg eingeschlagen:

Ich füllte jeweils eine Reihe von tiefen Petrischalen mit gleichartiger Erde 7—8 mm hoch an, legte darauf Fließpapierstücke, auf denen sich nicht zu kleine *Cyanophyceen*-Lager befanden, und deckte sie bis zum Rande der Schale, also etwa 1 cm hoch, mit Erde zu. Die Proben wurden dann mit destilliertem Wasser angefeuchtet, in dunkles Papier gehüllt und in einem Schranke aufgestellt, so daß die *Cyanophyceen* vollkommen vom Licht abgeschlossen waren. Die Temperatur schwankte zwischen 15 und 20° C. In bestimmten Zeitabständen (alle 3—4, 7 oder 14 Tage) nahm ich je eine Schale heraus, entfernte die Erde bis zum Fließpapier vorsichtig und prüfte die somit wieder freigelegten *Cyanophyceen* auf Färbung, Maße, Zellinhalt. Die auftretenden Veränderungen konnten umso leichter festgestellt werden, als die *Cyanophyceen*-Lager von den im Verlaufe meiner Untersuchungen gewonnenen Kulturen stammten, so daß stets Vergleichsmaterial vorhanden war.

Die Versuche erstreckten sich auf 7 Arten, und zwar wurden dazu besonders die häufig vorkommenden Gattungen *Anabaena*, *Cylindrospermum* und *Nostoc* gewählt.

Ich gebe zunächst einen Überblick über die bei 5 Versuchsreihen gemachten Beobachtungen.

### 1. Versuchsreihe.

Am 13. Juli 1913 wurden 8 Proben von sterilisiertem Sand angesetzt und mit *Anabaena variabilis*, *Cylindrospermum muscicola* und *Nostoc spec. III* von den Kulturen V, 18—19<sup>1)</sup> beschickt. Ich deckte davon je eine Probe am 20. und 27. Juli, am 3., 7., 14. und 21. August, die beiden letzten am 31. August, also nach 7 Wochen, auf. Die Fäden der *Anabaena* waren am 20. Juli alle noch lebhaft blaugrün, am 27. Juli teilweise blaßblaugrün, teilweise gelblich, am 3. August sämtlich gelb. *Cylindrospermum* war zum Teil schon am 20. Juli gelb; doch fanden sich am 27. Juli auch noch blaugüne Fäden; am 3. August waren alle gelb. Bei *Nostoc* hielt sich die blaugüne Farbe wesentlich länger. Die ersten gelben Fäden wurden am 7. August, die letzten blaugrünen am 21. August bemerkt. Mit der Farbe änderte sich häufig auch der Inhalt der Zellen; die anfangs mehr oder weniger zahlreichen körnigen Einschlüsse verschwanden allmählich, so daß die Zellen ein homogenes Aussehen gewannen. Die Maße blieben beim Gelbwerden zunächst unverändert; später dagegen schrumpften

<sup>1)</sup> Siehe Tabelle V, Nr. 18—19!

die Zellen zusammen, und die Fäden zerfielen mehr und mehr. Bemerkenswert ist, daß die Sporen sich nur ausnahmsweise veränderten; in der Regel blieb sowohl ihre (blaugrüne oder bräunliche) Farbe als auch Größe und Beschaffenheit des Inhalts bis zum Abschluß der Versuchsreihe die gleiche. Ebenso hielten sich die meisten Heterocysten gut.

## 2. Versuchsreihe.

Am 15. August 1913 wurden 8 Proben von sterilisierter Marsch-erde angesetzt und mit *Anabaena variabilis*, *Cylindrospermum majus* und *C. muscicola* von den Kulturen V, 19 + 35 beschickt. Sie wurden im Laufe von 4 Wochen untersucht.

Die Fäden waren am:

	18. Aug.	22. Aug.	25. Aug.	29. Aug.	5. Sept.	9. Sept.	12. Sept
<i>Anabaena variabilis</i>	alle blaugr.	meist blaugr., z.T. gelb	z.T. blaßblaugr., z.T. gelb	meist gelb, z.T. blaßblaugrün		alle gelb und ± zerfallen	
<i>Cylindrosperm. majus</i>	alle blaugr.	z.T. blaugrün, z.T. gelb, ± zerfallen	meist gelb, z.T. blaßblaugrün		alle gelb, ± zerfallen		
<i>Cylindrosperm. muscicola</i>	alle blaugrün		alle blaßblaugrün	meist gelb, z.T. blaßblaugrün	alle gelb		meist gelb und ± zerfallen, z. T. blaßblaugrün

Was den Zellinhalt und das Verhalten der Sporen und Heterocysten betrifft, so gilt für diese wie für die folgenden Versuchsreihen dasselbe, was oben bei der ersten bemerkt wurde.

Mit den Proben dieser Reihe hatte ich eine Kontrollprobe angesetzt, deren *Cyanophyceen* nicht mit Erde zugedeckt waren und am Lichte blieben. Alle drei Arten wuchsen äußerst langsam, am besten noch *Cylindrospermum muscicola*. Die beiden anderen Arten bildeten zum Teil ganz seltsam verbogene und geknickte Fäden und zeigten öfters abnorm gestaltete, angeschwollene Zellen. Beide Veränderungen muteten krankhaft an, obwohl die Fäden eine normale blaugrüne Farbe hatten. Möglicherweise beruhen sie darauf, daß die Algen sich auf der sterilisierten Erde in ungewohnten Lebensbedingungen befanden. Jedenfalls veranlaßte mich diese Beobachtung, bei den weiteren Versuchsreihen unsterilisierte Erde zu benutzen. So wurde auch den natürlichen Verhältnissen noch besser entsprochen.

## 3. Versuchsreihe.

8 Proben von (unsterilisiertem) lehmigem Boden am 16. September 1913 angesetzt und mit *Anabaena variabilis*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc spec. I* und *Tolypothrix tenuis* von den Kulturen III, 16—17, und V, 24—25, beschickt. Im Laufe von 8 Wochen wieder aufgedeckt.

Die Fäden waren am:

	23. Sept.	30. Sept.	7. Okt.	11. Okt.	14. Okt.	21. Okt.	28. Okt.	11. Nov.
<i>Anabaena variabilis</i>	alle blaigr.	meist blaigr., z.T. gelb	meist blaßblaugrün, z.T. gelb		meist gelb, z.T. blaßblaugrün		alle gelb und ± zerfallen	
<i>Cylindrospermum muscicola</i>	alle blaigrün		meist gelb, z.T. blaßblaugrün		?	alle gelb, ± zerfallen		
<i>Nostoc spec. I</i>	alle unverändert blaigrün				meist blaigrün, z.T. gelblich		z.T. blaigrün, z.T. gelb	
<i>Tolypothrix tenuis</i>	alle unverändert blaigrün					?	?	?

Die zuletzt genannte Art stand nur in geringer Menge zur Verfügung, so daß die einzelnen Proben nur wenig erhalten konnten. Die Fäden waren daher nach dem Aufdecken nicht leicht wieder zu finden und sind mir bei den letzten Proben leider ganz entgangen.

## 4. Versuchsreihe.

6 Proben von (unsterilisierter) Marscherde am 28. Oktober angesetzt und mit *Anabaena torulosa*, *Cylindrospermum majus*, *C. muscicola* und *Nostoc spec. III* von den Kulturen IV, 18—20, beschickt. Im Laufe von 8 Wochen wieder aufgedeckt.

Die Fäden waren am:

	11. Nov.	18. Nov.	25. Nov.	2. Dez.	16. Dez.	23. Dez.
<i>Anabaena torulosa</i>	blaßblaugrün	blaßblaugrün, etwas geschrumpft	z.T. blaßblaugrün, z.T. gelb, wenig geschrumpft		alle gelb, ± geschrumpft	
<i>Cylindrospermum majus</i>	alle blaigrün	z.T. blaigrün, z.T. gelb		?	alle gelb, ± zerfallen	
<i>Cylindrospermum muscicola</i>	blaßblaugrün oder gelb	meist gelb, z.T. blaßblaugrün		alle gelb, etwas geschrumpft	alle gelb und stark geschrumpft	
<i>Nostoc spec. III.</i>	alle blaigrün		meist blaigrün, z.T. gelb		z.T. blaßblaugrün, z.T. gelblich	

Die am 25. November und 2. Dezember untersuchten Proben enthielten auch einige Fäden von *Phormidium autumnale* und *Microcoleus vaginatus*. Sie zeigten eine gelblichgrüne bis blaßblaugrüne Färbung, hatten einen ziemlich homogenen Inhalt und waren nicht geschrumpft.

### 5. Versuchsreihe.

4 Proben von (unsterilisierter) Marscherde am 21. September angesetzt und mit *Anabaena torulosa*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc spec. I* und *Nostoc spec. III* von den Kulturen V, 13—15, beschickt. Nach 7—12 Wochen wieder aufgedeckt.

Die Fäden waren am:

	9 Nov.	23. Nov.	30. Nov.	14. Dez.
<i>Anabaena torulosa</i>	alle gelb, kaum geschrumpft oder ganz zerfallen			
<i>Cylindrospermum muscicola</i>	alle gelb ± zerfallen	nur noch Sporen und Heterocysten erkennbar		
<i>Nostoc spec. I</i>	meist blaugrün, z. T. gelblich		z.T. blaugrün, z. T. gelb	meist gelb, z. T. blaugrün
<i>Nostoc spec. III</i>	blaßblaugrün	meist blaßblaugrün, z. T. gelblich		

Die am 30. November aufgedeckte Probe enthielt auch einige *Microcoleus*-Fäden von blaßblaugrüner bis gelblichgrüner Farbe und unveränderten Dimensionen, die letzte Probe einige stark abgeblaßte Fäden von *Phormidium*.

Die Ergebnisse der 5 Versuchsreihen sind kurz zusammengefaßt also folgende: Die in die Erde eingeschlossenen *Cyanophyceen* behalten zunächst ihre normale Farbe. Nach einer kürzeren oder längeren Zeit, die von der Beschaffenheit der Erde und dem Charakter der Art abhängt und auch individuell verschieden ist, beginnen die Fäden sich zu verfärben. Sie werden blaßblaugrün, gelblichgrün und endlich gelb. Dabei bleiben die Dimensionen anfangs unverändert, die Zellen haben ein völlig gesundes Aussehen. Später aber schrumpfen sie zusammen, die Fäden zerfallen mehr und mehr und lassen nur Sporen und Heterocysten zurück.

Die beobachteten Farbenänderungen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit denen, die neuerdings von B. Schindler (a. a. O., Seite 497—575) und K. Boresch (a. a. O.) studiert und auf Nahrungs-, insbesondere Stickstoffmangel zurückgeführt sind. Man könnte darum vermuten, daß bei meinen Versuchen die gleiche Ursache vorliegt. Diese Vermutung trifft aber, wie sich aus folgendem



ergibt, nicht zu. Nachdem die *Cyanophyceen* aufgedeckt und untersucht waren, wurden sie in der Regel mit einer neuen Scheibe Fließpapier belegt, wenn nötig, etwas angefeuchtet und ins Treibhaus gestellt. In allen Fällen, auch z. B. bei der 12 Wochen lang verdunkelten Probe der 5. Versuchsreihe, traten dann nach einiger Zeit (2—30 Tage) blaugrüne Flecke auf. Diese rühren offenbar daher, daß lebend gebliebene oder neu ausgekeimte Fäden durch das Papier gewachsen waren und sich auf demselben weiter vermehrt und ausgebreitet hatten. Beides setzt die Gegenwart von genügenden Nährstoffmengen voraus. Da nun von außen keine neuen Nährstoffe zugeführt waren — es wurde natürlich chemisch reines Fließpapier und destilliertes Wasser benutzt —, muß der Boden noch ausreichende Mengen davon enthalten haben. Somit kommt ein Nahrungsmangel hier als Ursache der Verfärbung und des schließlichen Verfalls der Fäden nicht in Frage.

Ich glaube vielmehr, daß dafür teilweise der Lichtmangel und teilweise die zersetzenden Einflüsse des Bodens verantwortlich zu machen sind. Daß die letzteren eine wesentliche Bedeutung haben, kann man indirekt aus der Beobachtung schließen, daß einerseits die Sporen und Heterocysten im Vergleich mit den vegetativen Zellen, andererseits die *Nostoc*-Arten im Vergleich mit *Anabaena* und *Cylindrospermum* sich länger im Boden halten. Die Sporen und Heterocysten sind eben durch ihre stärkeren Membranen, die *Nostoc*-Fäden durch ihre schleimigen Scheiden vor der Einwirkung schädlicher Stoffe auf den Zellinhalt besser geschützt.

Die mitgeteilten Ergebnisse sind allerdings nur an wenigen Arten und an einer kleinen Zahl von Versuchen gewonnen worden. Aber es geht aus ihnen doch hervor, daß wenigstens gewisse *Cyanophyceen* eine Zeitlang in der Erde leben können.

Wenn aber diese Möglichkeit besteht, scheinen mir keine Bedenken mehr vorzuliegen, das Vorkommen der *Cyanophyceen* im Boden auf eine Verschleppung von ursprünglich an der Oberfläche gewachsenen Fäden zurückzuführen. Damit wird dieses zunächst so auffallende Vorkommen ohne weiteres verständlich. Es bleibt allerdings noch die Frage offen, wie denn den *Cyanophyceen* das Gedeihen im Boden, also unter vollkommenem Lichtabschluß, möglich ist. Ich möchte annehmen, daß sie zu heterotropher Ernährungsweise übergehen. Einerseits haben die Versuche der oben genannten Forscher (Bouilhac, Pringsheim, Boresch u. a.) ergeben, daß die *Cyanophyceen* im Dunkeln gerade auf organischen Substraten durchweg gut gedeihen bzw. lange blaugrün bleiben; andererseits enthält der Boden, namentlich der bearbeitete (gedüngte),



stets kleinere oder größere Mengen organischer Stoffe. Zum Beweise sind aber meines Erachtens noch besondere Versuche erforderlich, die sich in ähnlicher Weise wie die oben beschriebenen an die natürlichen Verhältnisse anlehnen.

Derartige Versuche würden vielleicht auch die Frage entscheiden, ob die *Cyanophyceen* im Stoffhaushalt des Bodens eine wesentliche Rolle spielen. Robbins (a. a. O.) weist darauf hin, daß die von ihm untersuchten Böden durch Vermittelung von *Azotobacter chroococcum* beträchtliche Mengen von Stickstoff fixieren. Da diese Böden nur wenig organische Substanzen enthalten, nimmt er an, daß die *Cyanophyceen* in ihren schleimigen Hüllen die für *Azotobacter* nötigen organischen Nährstoffe liefern. Ob er dabei an einen einseitigen Parasitismus denkt oder an ein symbiotisches Verhältnis, wie es nach Reinke (vgl. Ber. d. deutschen Bot. Ges. 1903, S. 371 u. 481) zwischen *Azotobacter* und *Volvox* sowie einigen Meeresalgen besteht, geht aus seiner Mitteilung nicht klar hervor. Ich möchte bei den im Boden lebenden *Cyanophyceen* ersteres für wahrscheinlicher halten, zumal in meinen Versuchen die eingeschlossnen Fäden schließlich völlig zersetzt wurden. Jedenfalls dürften die *Cyanophyceen* nur indirekt an der Stickstoffbindung beteiligt sein und nur unter Umständen eine ausschlaggebende Bedeutung haben.

## Systematische Zusammenstellung der aufgefundenen Arten.

Der folgenden Aufzählung liegen die Werke von J. Tilden, *Minnesota Algae I, Myxophyceae* (1910) und E. Lemmermann, *Kryptogamenflora der Mark Brandenburg III, Algen I* (1910) zugrunde. Maße (auf halbe  $\mu$  abgerundet) und andere Eigenschaften sind nur, soweit sie mir bemerkenswert erschienen, mitgeteilt. Die Zeichnungen wurden mit Objektiv  $\frac{1}{12}$  (Öl-Immersion), Okular 3 von Seibert entworfen (Vergrößerung ca. 1100).

### I. Chroococaceae.

#### a) *Gloeocapsa* Kütz.

##### 1. *Gloeocapsa quaternata* (Bréb.) Kütz.

Zellen zu 2—8 vereinigt, oval, 2,5—4  $\mu$  breit, mit enger, zuweilen geschichteter, farbloser Hülle.

Am Ostseestrand (20—25 cm tief).

#### b) *Aphanothece* Naeg.

##### 2. *Aphanothece Naegeli* Wartmann.

Lager gelblichgrün. Zellen 3—5  $\mu$  breit, 4—7,5  $\mu$  lang, blaßblaugrün.

Am Ostseestrand (bis 25 cm tief).

3. *Aphanothece microspora* (Menegh.) Rabenhorst.

Lager klein, gelblichgrün. Zellen länglich, 3  $\mu$  breit, 5—9  $\mu$  lang, blaßgelblichgrün.

Am Ostseestrand.

c) **Anacystis** Menegh.

4. *Anacystis Reinboldi* Richter<sup>1)</sup>.

Lager klein, ausgebreitet, blaugrün. Zellen ungefähr kugelig, 3—3,5  $\mu$  breit, blaugrün.

Am Ostseestrand (bis 15 cm tief).

## II. Oscillatoriaceae.

a) **Oscillatoria** Vaucher.

5. *Oscillatoria anguina* Bory.

Fäden 6—7,5  $\mu$  breit, einzeln zwischen anderen Algen.  
Am Elbstrand.

6. *Oscillatoria formosa* Bory.

Fäden 4,5  $\mu$  breit, einzeln zwischen anderen Algen.  
Am Elbstrand.

7. *Oscillatoria limosa* Agardh.

Fäden 15  $\mu$  breit. Zellen 3—6  $\mu$  lang.  
Am Elbstrand.

8. *Oscillatoria tenuis* Agardh.

Fäden 4—7,5  $\mu$  breit, einzeln zwischen anderen Algen.  
Am Elbstrand.

b) **Phormidium** Kütz.

9. *Phormidium ambiguum* Gomont.

Fäden 4,5—6  $\mu$  breit.  
Am Elbstrand.

10. *Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont.

Fäden einzeln, in Bündeln oder zu einem gelblichgrünen Lager verflochten. Zellen 3—6  $\mu$  breit, 2—4  $\mu$  lang, blaugrün bis gelblichgrün.

Am Elbstrand, sowie auf Äckern und Wiesen überall häufig (auch 10—15 cm tief).

11. *Phormidium corium* (Agardh) Gomont.

<sup>1)</sup> Die Diagnose dieser Art findet sich in T. H. Reinbold, Die Cyanophyceen der Kieler Förhde (Schriften des Naturw. Ver. für Schleswig-Holstein 1894).

Fäden 4—6  $\mu$  breit, mit zum Teil bräunlicher Scheide.  
Zellen 3,5—6  $\mu$  lang.

Auf Lehm Boden (Wiesen).

12. *Phormidium Retzii* (Agardh) Gomont.

Fäden 4,5—6  $\mu$  breit. Zellen 4—7,5  $\mu$  lang.

Am Elbstrand und auf lehmigen Wiesen (bis 25 cm tief).

13. *Phormidium tenue* (Menegh.) Gomont.

Fäden 1—2  $\mu$  breit, blaßblaugrün. Zellen 1—3  $\mu$  lang.

Am Elbstrand, auf Lehm- und Marschboden.

c) **Microcoleus** Desmazières.

14. *Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont.

Einzeläden 3,5—6  $\mu$  breit. Querswände bisweilen undeutlich.

Am Elbstrand, auf Lehm- und Marschboden.

### III. Nostocaceae.

a) **Nostoc** Vaucher.

15. *Nostoc ellipso sporum* (Desmazières) Rabenh.

Fäden 4—5  $\mu$  breit. Sporen 6—7,5  $\mu$  breit, 12—18  $\mu$  lang.

Am Elbstrand, auf Lehm- und Marschboden (Wiesen); auch 10—15 cm tief.

16. *Nostoc humifusum* Carmichael.

Fäden 3  $\mu$  breit, ohne deutliche Scheide. Zellen kugelig. Sporen 4—5  $\mu$  breit, 5—6  $\mu$  lang, schwach bräunlich.

Auf Lehm- und Marschboden (Äcker); auch 10—15 cm tief.

17. *Nostoc microscopicum* Carmichael.

Fäden 4,5—6  $\mu$  breit. Zellen tonnenförmig oder kugelig. Heterocysten 6—7  $\mu$  breit, 6—9  $\mu$  lang. Sporen 6—7,5  $\mu$  breit, 9—15  $\mu$  lang. Scheide selten erkennbar.

Auf Lehm- und Marschboden (bis 30 cm tief).

18. *Nostoc minutum* Desmazières.

Lager klein, kugelig. Fäden 2,5—3  $\mu$  breit, blaßblaugrün.

Auf einer sandigen Wiese.

19. *Nostoc muscorum* Agardh.

Fäden 3,5—4,5  $\mu$  breit, oft ohne deutliche Scheide.

Am Teichrand, auf Waldboden, Wiesen, Äckern (bis 25 cm tief).

20. *Nostoc paludosum* Kütz.

Fäden mit weiter, farbloser oder gelblicher Scheide.  
Zellen zusammengedrückt-kugelig, 3—3,5  $\mu$  breit. Heterocysten oft am Ende der Fäden, 3—4  $\mu$  breit. Sporen 4—5  $\mu$  breit, 5—7  $\mu$  lang.

Am Elbstrand und an der Ostsee (bis 30 cm tief).

21. *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot.

Kolonien meist kugelig, mit farbloser Gallerthülle.  
Fäden 3—4  $\mu$  breit, Heterocysten 3—5  $\mu$ . Sporen farblos, 5—6  $\mu$  breit, 5—7,5  $\mu$  lang.

Am Elbstrand, auf sandigen und lehmigen Wiesen,  
auf Marschboden (bis 30 cm tief).

22. *Nostoc sphaericum* Vaucher.

Kolonien nur etwa 1 mm groß. Fäden 3,5—4  $\mu$  breit.  
Zellen kurztonnenförmig. Heterocysten 4—5  $\mu$  breit.  
Sporen 4,5  $\mu$  breit, 7,5  $\mu$  lang.

Auf Marschwiesen.

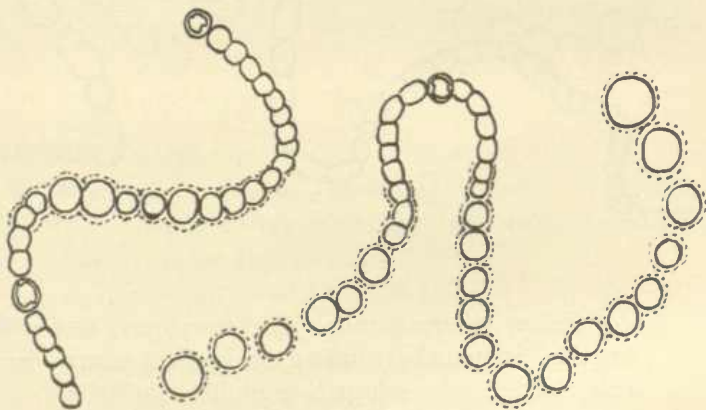
23. *Nostoc spec. I.*

Fig. 1.

Lager flach ausgebreitet, gewöhnlich kreisförmig,  
anfangs blaugrün, später gelblichbraun werdend. Fäden  
locker verflochten, gerade oder gebogen, 2,5—3  $\mu$  breit.  
Zellen meist tonnenförmig, seltener kugelig. Heterocysten  
kugelig, 3—4,5  $\mu$  im Durchmesser. Sporen meist kugelig,  
blaugrün oder blaßbräunlich, 4,5—8  $\mu$  breit, sich früh  
ablösend.



Eine Scheide ist an jungen Fäden selten erkennbar, an älteren, sporenbildenden dagegen meist sehr deutlich. Sie folgt hier den Konturen der Zellen in einem Abstand von  $0,5-1 \mu$ , ist außen punktiert und bräunlichgelb, innen homogen und heller gefärbt. Bei beginnender Ablösung der Sporen bildet sich eine punktierte Querzone zwischen den Zellen, so daß schließlich jede Spore von einer besonderen Hülle umgeben ist. Die Hülle verschwindet erst bei ausgewachsenen Sporen.

Am Elb- und Ostseestrand, auf Sand-, Lehm- und Marschboden, besonders auf letzterem häufig (bis 50 cm tief).

24. *Nostoc spec. II.*

Lager ausgebreitet, schleimig, blaßbräunlich. Fäden mäßig dicht verflochten, meist ohne deutliche Scheide,  $2-2,5 \mu$  breit.

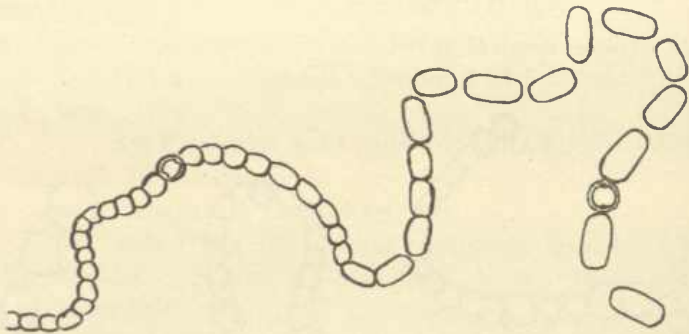


Fig. 2.

Zellen tonnenförmig. Heterocysten  $3-4 \mu$  breit, kugelig. Sporen abgerundet zylindrisch,  $4 \mu$  breit,  $6-7,5 \mu$  lang, farblos oder schwach bräunlich, in Reihen.

Auf Lehmboden und auf einer Marschwiese.

25. *Nostoc spec. III.*

Lager punktförmig, kugelig oder unregelmäßig gestaltet, schwarzgrün bis bräunlichgrün, häufig mit benachbarten Lagern zusammenfließend. Fäden anfangs dicht verflochten, später aufgelockert,  $3-3,5 \mu$  breit, selten mit erkennbarer Scheide. Zellen tonnenförmig. Heterocysten  $3-4,5 \mu$  breit, kugelig. Sporen  $4,5-6 \mu$  breit,  $6-7,5 \mu$  lang, oval, bräunlich, oft querliegend.

Diese Art steht *N. entophytum* Bornet et Flah. nahe. Sie ist außerordentlich häufig und auf Wald-, Sand-, Lehm- und Marschboden zu finden (bis 35 cm tief).

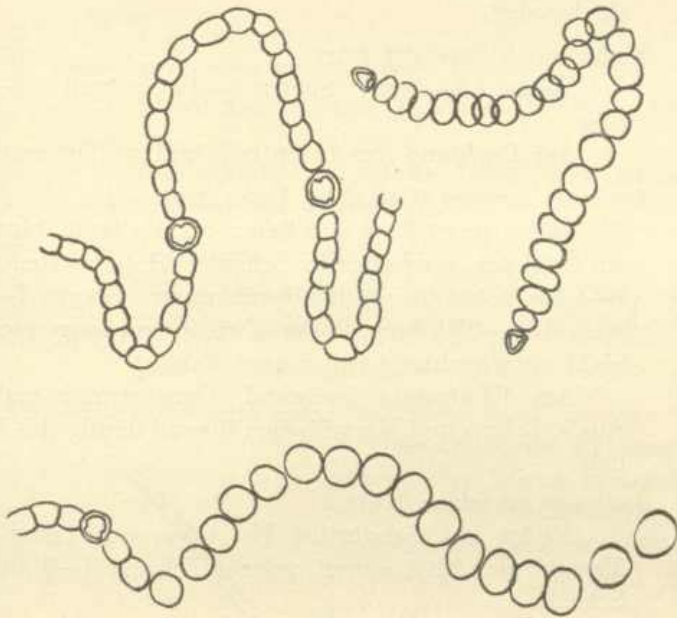


Fig. 3.

b) **Nodularia** Mertens.

26. *Nodularia harveyana* (Thwaites) Thuret.

Zellen 4—6  $\mu$  breit, 1,5—4  $\mu$  lang. Sporen kugelig, 6—7,5  $\mu$  im Durchmesser, braun.

Am Elb- und Ostseestrand (auch 20—25 cm tief).

c) **Anabaena** Bory.

27. *Anabaena laxa* (Rabenh.) A. Braun.

Fäden 6—7  $\mu$  breit, oft parallel gelagert und auf diese Weise Bündel bildend. Zellen 3—4,5  $\mu$ , Heterocysten 4—4,5  $\mu$  breit. Sporen 4,5—6  $\mu$  breit, 10,5—18  $\mu$  lang.

Am Elbstrand, am Teichrand, auf lehmigen und Marschwiesen (bis 25 cm tief).

28. *Anabaena minutissima* Lemm.

Fäden gebogen und zu einem dünnen Lager verflochten, blaugrün. Vegetative Zellen abgerundet-zylindrisch, 2  $\mu$  breit, 1,5—3  $\mu$  lang. Sporen 4,5—7  $\mu$  breit, 12—18  $\mu$  lang, gelblich.

Obwohl diese Art in einigen Punkten, namentlich in der Form der vegetativen Zellen, von der Lemmermannschen Beschreibung abweicht, glaube ich doch, sie hierher stellen zu dürfen. Sie fand sich auf sandigem Heideboden.

29. *Anabaena oscillarioides* Bory.

Fäden 4,5  $\mu$  breit. Sporen 8—10,5  $\mu$  breit, 24—40  $\mu$  lang.

Am Teichrand (bis 10 cm tief) und am Ostseestrand.

30. *Anabaena torulosa* (Carmich.) Lagerheim.

Fäden meist 3—4  $\mu$ , seltener bis 5  $\mu$  breit, bisweilen mit farbloser, verquellender Scheide. Heterocysten meist 4—4,5  $\mu$ , selten bis 6  $\mu$  im Durchmesser. Sporen 7—10  $\mu$  breit, 13,5—27  $\mu$  lang, in der Mitte (wenn ausgewachsen) leicht eingebuchtet.

Am Elbstrand, Teichrand, Ostseestrand und auf Sand-, Lehm- und Marschboden überall häufig (bis 50 cm tief).

31. *Anabaena variabilis* Kütz.

Fäden auf Sandboden bis 4,5  $\mu$ , auf Lehm- und Marschboden bis 6  $\mu$  breit, gelegentlich mit 1—3  $\mu$  dicker Scheide.

Wie die vorige Art überall verbreitet (bis 30 cm tief).

d) *Cylindrospermum* Kütz.

32. *Cylindrospermum catenatum* Ralfs.

Fäden 3—4  $\mu$  breit. Sporen zu 2—4 hintereinander, 7—9  $\mu$  breit, 13,5—18  $\mu$  lang, braun.

Am Teichrand und auf Lehmboden (bis 25 cm tief).

33. *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz.

Fäden 3,5—4,5  $\mu$  breit. Sporen 10,5—14  $\mu$  breit, bis 34  $\mu$  lang, mit glatter, schokoladebrauner Außenschicht.

Auf Lehm- und Marschboden (bis 25 cm tief).

34. *Cylindrospermum majus* Kütz.

Fäden 3—4,5  $\mu$ , auf schlechtem Boden nicht über 3,5  $\mu$  breit. Sporen 10,5—15  $\mu$  breit, 21—37,5  $\mu$  lang, gleichfalls auf schlechtem Boden kleiner (meist 12 : 22,5  $\mu$ ).

Auf Waldboden, am Teichrand, auf Wiesen und Feldern jeder Art (bis 40 cm tief).

35. *Cylindrospermum marchicum* Lemm.

Fäden 2,5—3  $\mu$  breit. Sporen zu 2—5 hintereinander, 5—7  $\mu$  breit, 10—16  $\mu$  lang, farblos.

Am Teichrand und auf sandigem Kulturboden (bis 25 cm tief).

36. *Cylindrospermum minutissimum* Collins.

Fäden 2—3  $\mu$  breit. Sporen 6—9  $\mu$  breit, 13,5—24  $\mu$  lang.

Auf Waldboden, am Teichrand und auf sandigem Kulturboden (bis 35 cm tief).

37. *Cylindrospermum muscicola* Kütz.

Fäden 3—3,5  $\mu$  breit. Sporen 9—12  $\mu$  breit, 15—24  $\mu$  lang, mit verquellender, goldbrauner Membran.

Überall häufig (bis 40 cm tief).

38. *Cylindrospermum spec.*

Lager blaugrün, schleimig. Fäden gerade oder etwas gebogen, kurz, 2—2,5  $\mu$  breit, blaßblaugrün, an den Querwänden deutlich eingeschnürt. Heterocysten kugelig-oval 2,5—3  $\mu$  im Durchmesser. Sporen einzeln, abgerundet-zylindrisch, 3  $\mu$  breit, 5—9  $\mu$  lang, mit glatter, farbloser Membran.

Diese Art steht *C. minutissimum* nahe und ist vielleicht nur eine Standortsform davon. Sie wurde nur einmal im Sand an der Ostseeküste (ca. 20 cm tief) gefunden.

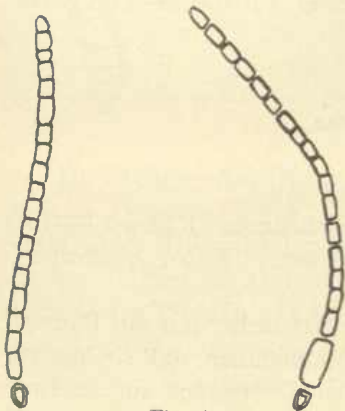


Fig. 4.

## IV. Microchaetaceae.

a) *Aulosira* Kirchner.39. *Aulosira laxa* Kirchner.

Fäden meist einzeln, 4—5  $\mu$  breit. Heterocysten 4,5—6  $\mu$  im Durchmesser. Sporen (nicht ausgewachsen) 6  $\mu$  breit, 12  $\mu$  lang.

Auf gelegentlich überfluteten Marschwiesen (bis 15 cm tief).



## V. Scytonemaceae.

a) *Scytonema* Agardh.40. *Scytonema Hofmanni* Agardh, var. *calcicolum* Hansg.

Lager bräunlichgrün, dünn. Fäden 4,5—6  $\mu$  breit, mit farbloser Scheide, selten verzweigt. Zellen zylindrisch, bisweilen etwas eingeschnürt, 3—7,5  $\mu$  lang. Querwände oft undeutlich. Heterocysten einzeln oder zu zweien, 5—6  $\mu$  breit, 5—7,5  $\mu$  lang. Zellinneres blaugrün-bräunlich.

Am Teichrand und auf Lehmboden.

b) *Tolypothrix* Kütz.41. *Tolypothrix tenuis* Kütz.

Lager polsterartig, dunkelblaugrün. Fäden 5—7,5  $\mu$  breit, mit dünner, farbloser Scheide, mehr oder weniger oft verzweigt. Zellen zylindrisch, bisweilen leicht eingeschnürt, 4,5—7,5  $\mu$  lang. Querwände oft undeutlich. Heterocysten meist einzeln, selten zu 2—5 hintereinander.

Am Elbstrand und Teichrand, auf Marsch- und Lehmboden (bis 25 cm tief).

## VI. Stigonemaceae.

a) *Hapalosiphon* Naeg.42. *Hapalosiphon arboreus* West und West.

Lager ausgebreitet, schwärzlichgrün. Fäden 7,5—10  $\mu$  breit, Zweige etwas verschmälert. Zellen quadratisch oder kürzer als breit.

Am Teichrand. Da diese Art bisher nur auf Bäumen beobachtet wurde, möchte ich annehmen, daß sie hier zufällig mit einem herabgefallenen Zweigstück auf die Erde gelangt ist.

## VII. Rivulariaceae.

a) *Calothrix* Agardh.43. *Calothrix Braunii* Bornet et Flah.

Fäden an der Basis 5—9  $\mu$  breit. Zellen kürzer als breit. Heterocysten 4—6  $\mu$  breit, kugelig oder halbkugelig. Am Elbstrand (bis 15 cm tief).

44. *Calothrix parietina* (Naeg.) Thuret.

Fäden an der Basis 7,5—10,5  $\mu$  breit. Scheide bräunlich. Auf sandigem Heideboden und einer Marschwiese.

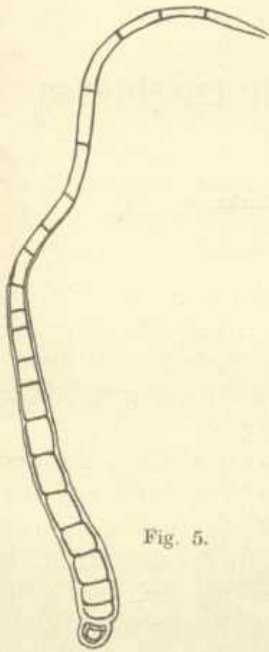
45. *Calothrix spec.*

Fig. 5.

Fäden einzeln oder in Büscheln zwischen anderen *Cyanophyceen*, an der Basis 4,5—7,5  $\mu$  breit, nach der Spitze zu allmählich verschmälert, ziemlich kurz. Scheide dünn, farblos. Zellen an der Basis 3,5—6  $\mu$  breit, 3—6  $\mu$  lang, nach der Spitze zu meist länger als breit. Querwände oft undeutlich. Zellinneres granuliert, blaßblaugrün. Heterocysten meist basal, kugelig oder halbkugelig, 3,5—6  $\mu$  breit.

Diese Art steht *C. epiphytica* West und West nahe; ob sie mit ihr identisch ist, konnte ich in Ermangelung einer Abbildung nicht entscheiden. Ich fand sie am Elbstrand, auf Lehm- und auf Marschboden (bis 25 cm tief).

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Mai 1912 begonnen und im Dezember 1913 abgeschlossen. Ein Platz im Treibhause, sowie einige Hilfsmittel wurden mir liebenswürdigerweise im Botanischen Garten zu Hamburg zur Verfügung gestellt. Ich spreche dafür Herrn Prof. Dr. W i n k l e r meinen verbindlichsten Dank aus.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hedwigia](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [55\\_1914](#)

Autor(en)/Author(s): Esmarch Ferdinand

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Verbreitung der Cyanophyceen auf und in verschiedenen Boden. 224-273](#)