Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München

Jahrgang 1943

München 1944
Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN
Bibliothek

Druck der C. H. Beck'schen Buchdruckerei in Nördlingen

Zur Kenntnis der Erdalgen.

Erster Teil: Algenassoziationen einiger Kulturböden.
Zweiter Teil: Zur Morphologie und Systematik einiger Bodenalgen.

Von **Thekla Weintraut** in München.

Mit 9 Abbildungen.

Aus dem Botanischen Institut der Technischen Hochschule München.
Abteilung landwirtschaftliche und alpine Botanik.

Vorgelegt von Herrn F. Boas am 14. Mai 1943.

Einleitung.

Im Hinblick auf die große Bedeutung, die den Algen innerhalb der Mikrolebewelt des Bodens und damit für die Kulturpflanzen zukommt, ist es notwendig, die für die einzelnen Kulturböden charakteristische Algenflora festzulegen. In vorliegender Arbeit wurde unter weitgehender Berücksichtigung aller bestimmender Faktoren die Algenassoziation untersucht von folgenden Böden: Heideerde von Ostedt bei Ülzen, Urgebirgserde von Gastein, Ackererde von Ballweiler (Saar) und Gartenerde vom Versuchsfeld Obermenzing.

Letztere wurde zu verschiedenen Jahreszeiten entnommen und je ein ganzes Jahr beobachtet. Die Ergebnisse, die die Sukzession, die Veränderung der Artenzahl, die Verschiebung des prozentualen und zahlenmäßigen Anteils der einzelnen Algengattungen betreffen, sind in Listen und drei Abbildungen festgehalten.

Bei der Bestimmung der einzelnen Algenarten ergab sich infolge der Lückenhaftigkeit und Unzulänglichkeit der vorhandenen Bestimmungswerke die Notwendigkeit, manche einschlägige Fragen der Systematik und Morphologie zu klären.

Während bei den beiden Blaualgen Mikrochaete tenera Thuret und Cylindrospermum stagnale Kützing verschiedene Stadien beobachtet werden konnten, die sonst nirgends beschrieben sind, gelang es für zwei Arten einzelliger Grünalgen

in Reinkultur den lückenlosen Entwicklungsgang zu verfolgen. Die eine Art ließ sich nach vorhandenen Werken nicht bestimmen. Ich habe sie Oocystis terrestris genannt. Chlorella vulgaris Beyerinck wurde auf verschiedenen Nährmedien kultiviert, wobei sich die Alge in ihrer Erscheinungsform so abwandelte, daß sie ebensogut als andere Art der gleichen Gattung bestimmt werden konnte.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit verstärkter experimenteller Beobachtung der Algen.

I. Algenassoziationen einiger Kulturböden.

Schon früher wurde die Algenflora von Kulturböden untersucht. Meist sind diese Untersuchungen so angestellt, daß die Erdproben einmalig einem bestimmten Boden zu einer gewissen Zeit entnommen und in künstliche Kultur gegeben wurden. Die Algenflora, die sich darin entwickelte, wurde zur Zeit der besten Entwicklung mikroskopiert und bestimmt. Den so entstandenen Algenlisten, die, wenn sie einmal in großer Zahl vorhanden sein werden, von großer Bedeutung für die Ökologie und Biologie der Erdalgen sind, möchte ich drei neue Listen anfügen, die auf Grund gelegentlicher Untersuchungen entstanden sind. Es handelt sich dabei um Heideerde aus der Gegend von Ülzen, um Urgebirgserde von Gastein und Ackererde von Ballweiler (Saar). Sie sind nach Säuregraden der Bodenproben geordnet.

Es zeigte sich bei diesen Untersuchungen, daß gewisse Algen in allen untersuchten Böden auftreten, anscheinend Ubiquisten, vielleicht sogar Kosmopoliten sind, andere hingegen sich nur in gewissen Böden finden. Erstere wie z. B. Chlamydomonasarten, Chlorella vulgaris Beyerinck, Chlorococcum humicolum (Naeg.) Rabh., Stichococcus bacillaris Naegeli, Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grün, Navicula cryptocephala var. veneta Kützing und andere können sich folglich unter den verschiedensten im Boden gegebenen Bedingungen entwickeln und vermehren. Letztere sind jedoch an die spezifischen Eigenarten und Bedingungen der Böden gebunden, sie sind charakteristisch für dieselben.

Die Verschiedenheit der Algenflora ist bedingt durch viele Faktoren, die zwar großenteils als einzelne bekannt und in ihren Auswirkungen vielfach untersucht sind, die sich aber in der

Überlagerung und im Zusammenspiel ihrer Wirkungen nur schwer kontrollieren lassen:

1. Sicherlich ist ein Hauptfaktor in der chemisch-physikalischen Bodenbeschaffenheit zu sehen. Die Flora eines kalkhaltigen Bodens ist verschieden von der einer sand-, lehm- oder tonhaltigen Erde. Dabei wirken die chemischen Bestandteile des Bodens und die Durchlässigkeit der Erde spielt eine Rolle. In diesem Zusammenhang sei verwiesen auf die „künstliche Düngung" (Gistl, Erdalgen und Düngung) bzw. Schädlingsbekämpfung (Weintraut, Arsenwirkungen auf Bodenmikroorganismen, Diss. München 1942), wodurch dem Boden einseitig chemische Stoffe im Überschuß zugeführt werden können, was auch im Freiland, der Konzentration entsprechend, eine Artenauslese bewirkt.
2. Die Algenflora ist weiter abhängig von der Art und Zusammensetzung der pflanzlichen und tierischen Bodenbewohner. Sie steht in Wechselbeziehung zu Bakterien und Pilzen und erfährt eine Beeinflussung durch die höheren Pflanzen, die mit zur Lebensgemeinschaft des Bodens gehören, u. a. durch Wurzelausscheidungsprodukte bisher noch ungeklärter Art, durch Abbaustoffe verwesender und faulender Pflanzen, durch ihre Wuchsstoffe und Wirkstoffe. Man denke an das stark wirksame Alkaloid Colchicin, das mit den ausgestreuten Samen und durch Auswaschung der Blätter in den Boden gelangt (Boas, Dynamische Botanik).
3. Eine weitere große Rolle spielen die klimatischen Verhältnisse. Manche Algenarten sind typische Bewohner der Tropen, andere sind an die Polargegenden gebunden. Es gibt wärme- und kälteliebende Arten. So vermögen einige Vertreter der Blaualgen in heißen Quellen zu leben, andere leben auf Gletschereis und Firnschnee. Oscillatoria subtilis wurde von Gistl in künstlichem Eis, eine nahe verwandte Art, die auch manchmal unter dem Namen Oscillatoria subtilis geht, Oscillatoria minima, in heißen Schwefelquellen gefunden. Ebenso wirken sich die jahreszeitlichen Hitze- und Kälteperioden, die Strahlungsintensität der Sonne, Trockenheit und Feuchtigkeit der Luft aus. Daraus geht hervor, daß die Algenflora in Bodenproben, die wohl der gleichen Stelle, aber

zu verschiedenen Jahreszeiten entnommen werden, ebenfalls verschieden sein wird nach Zusammensetzung und Organismenzahl. Da die Atmosphäridien sich an der Bodenoberfläche viel stärker auswirken als in größeren Tiefen, muß sich auch die Algenflora entsprechend ändern (Gistl, Erdalgen und Düngung).

4. Mit den klimatischen Bedingungen hängt vielleicht zusammen die Periodizität, d. h. die Vegetationsgebundenheit mancher Algenarten an bestimmte Jahreszeiten.
5. All diese Faktoren bestimmen die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens. Da sie leicht kontrollierbar ist, wird verständlich, daß bereits viele Untersuchungen vorliegen, die die Beziehungen zwischen Algenflora und Säuregrad verschiedener Böden zu klären suchen. Es ist sicher, daß einige Algen sauere, andere neutrale und wieder andere alkalische Böden bevorzugen. Das stetige Wachstum im Boden bewirkt eine Änderung des Säuregrades im gleichen Rhythmus. Dadurch kommen immer die neuen Arten zur Entwicklung, denen die jeweilige Wasserstoffionenkonzentration entspricht. Diese Aufeinanderfolge und Ablösung von bestimmten Algenarten nennt man Sukzession.

Die so festgelegte Bodenflora läßt sich aus technischen Gründen nicht direkt aus dem Boden bestimmen, sondern muß erst in künstliche Kultur gegeben werden. Damit die in der Erde enthaltenen Algen zum Auskeimen bzw. zur Weiterentwicklung kommen können, müssen die Lebensbedingungen in künstlicher Kultur denen im Freiland möglichst nahe kommen. Das Kulturmedium müßte nach stofflichem Aufbau und Konzentration der Komponenten der chemisch-physikalischen Bodenbeschaffenheit entsprechen. Das absolut richtige d. h. entsprechende Nährmedium zu finden, ist praktisch unmöglich. Am günstigsten dürfte eine verdünnte Abkochung der zu untersuchenden Erde selber wirken. Über die Kultur der Bodenalgen finden sich Ausführungen bei Gistl, Erdalgen und Düngung. Bei variiertem Kulturmedium ergibt die gleiche Erdprobe verschiedene Resultate. Eine möglichst vollständige Algenliste muß sich folglich auf die Ergebnisse aus mehreren Nährmedien stützen. Als Wasserstoffionenkonzentration ist die der frischen Erdprobe

zu wählen. Durch Abänderung der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens können zufällig vorhandene Dauerformen und Sporen, die normalerweise nicht zum Auskeimen kommen, dazu gebracht werden. Diese Arten können nicht zur charakteristischen Bodenflora gezählt werden. In künstlicher Kultur zeigt sich ebenfalls eine Sukzession von Algenarten. Um diese Sukzession festzulegen, ist notwendig, daß die Kulturen mindestens ein Jahr lang unter stetiger Beobachtung gehalten werden.

Bei den folgenden Untersuchungen der Gartenerde vom Versuchsfeld Obermenzing wurde versucht, all diesen Faktoren soweit als möglich Rechnung zu tragen. Unter dem Gesichtspunkt der natürlichen Sukzession wurden die Erdproben zu verschiedenen Jahreszeiten entnommen und zwar der gleichen Stelle. Die Erdproben, die annähernd neutral reagierten, wurden in Kulturmedien ungefähr gleicher Azidität gegeben. Diese und die schon zu Anfang erwähnten Bodenproben wurden in der Kultur durch ein ganzes Jahr hindurch in gewissen Zeitabständen makroskopisch und mikroskopisch beobachtet. Bei den verschiedenen Erden zeigte sich die erste Begrünung zu verschiedener Zeit von Versuchsbeginn an gerechnet. Zuerst bildete sich ein grüner Ring an der Kolbenwand über die Kulturflüssigkeit, der allmählich auf die Oberfläche übergreift und als Haut sich schließt. Je nach der Art der auftretenden Algen tritt früher oder später ein Bodenbewuchs auf, z. B. Blaualgen als blaugrüne, Diatomeen als braune Inseln auf der Erde. Dabei können trotz eines günstigeren PH-Wertes z. B. für Blaualgen doch Kieselalgen zuerst auftreten (Periodizität!). Die jeweils vorkommenden Algenarten wurden bestimmt nach dem Bestimmungswerke: Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz (herausgegeben von Pascher) und nach dem Vorgang Gistls ist in folgende fünf Gruppen eingeteilt:

I. Einzellige Grünalgen,
II. Fadenbildende Grünalgen,
III. Gelbgrüne Algen,
IV. Blaugrüne Algen,
V. Kieselalgen.

Der prozentuale Anteil dieser Gruppen innerhalb des Gesamtbewuchses wurde so ermittelt, daß verschiedenen Stellen der

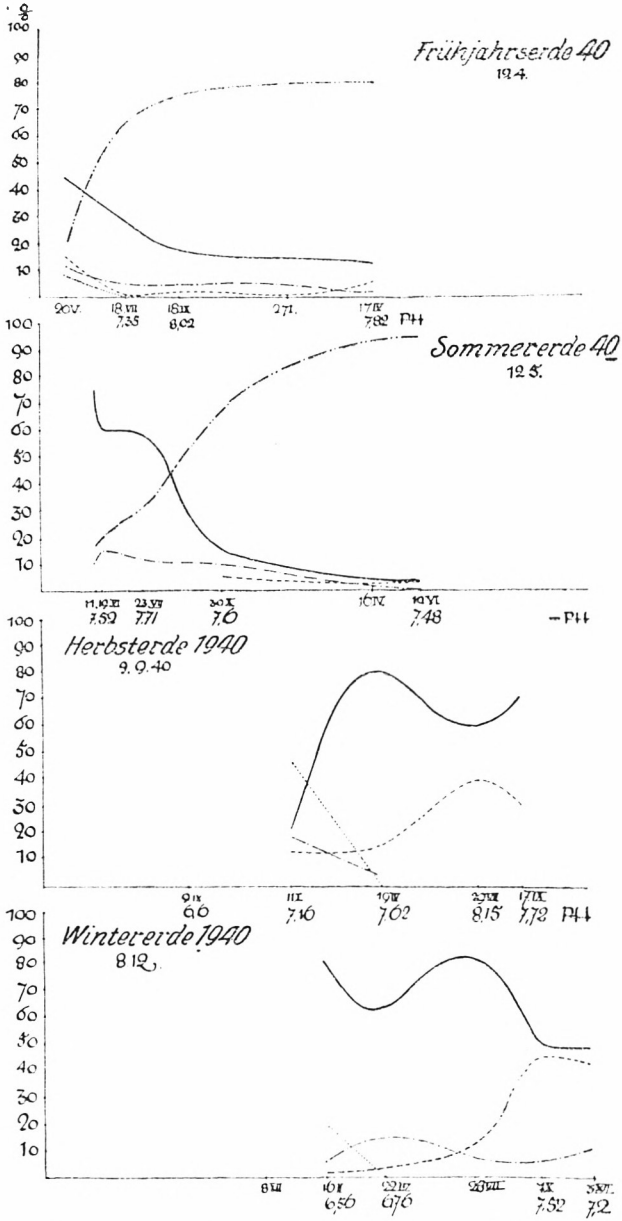

Abb. 1. Prozentualer Anteil der einzelnen Algengruppen

Einzellige Grünalgen ————————
Fadenbildende Grünalgen – – – – – – – – – –
Gelbgrüne Algen · · · · · · · · · · · · · ·
Blaugrüne Algen – · · – · · – · · – · · – · ·
Kieselalgen – · – · – · – · – · – · – · – · –

Haut, des Ringes und des Bodenbewuchses viele Proben entnommen wurden. In jedem Präparat wurde der Anteil durch Zählen der Zellen und später durch Abschätzen festgelegt. Zuletzt wurde aus allen Ergebnissen der Gesamtprozentsatz errechnet. Der für die Gartenerde vom Versuchsfeld wurde in Beziehung gesetzt zur Zeit, zu der die Beobachtungen gemacht wurden, vgl. Abbildung 1. Abbildung 2 zeigt die Artenzahl innerhalb der einzelnen Gruppen zur gleichen Zeit, Abbildung 3 die Zusammenstellung sämtlicher in den vier Erdproben des Versuchsfeldes ermittelten Arten. Für die drei anderen Bodenproben, die nur einmalig entnommen wurden, konnte keine nennenswerte Sukzession festgestellt werden. Darum können die Ergebnisse sämtlicher Beobachtungen in einer Algenliste zusammengefaßt werden.

1. Heideerde von Ostedt bei Ülzen (Lüneburger Heide)

Der Boden war nur mit Heidekraut (Caluna) bewachsen, sein PH, in Wasser bestimmt, 4. Die Probe wurde am 10. 8. 1941 entnommen und Anfang September in Kultur gegeben. Als Kulturmedien kamen in Anwendung:

eine Nährlösung folgender Zusammensetzung:

0,500 g KNO_3,
0,500 g $(NH_4)_2 HPO_4$,
0,250 g $MgSO_4$ 7 H_2O,
0,010 g $CaCl_2$ 6 H_2O,
0,010 g $FeCl_3$,
ad 1000 ccm aqua dest.

Leitungswasser und doppelt destilliertes Wasser:

(Die Kultur in doppelt destilliertem Wasser zeigte keinerlei Vegetation und kann deshalb hier ausgelassen werden.) Das beste Wachstum zeigte sich nach 1½ Monaten (Mitte Oktober). Die Arten waren die gleichen als bei früheren und späteren Untersuchungen:

in Nährlösung:

I. Chlamydomonas variabilis Dangeard
Chlorella vulgaris Beyerinck } (bilden Haut u. Ring)

II. Ulothrix tenerrima Kützing
Ulothrix subtilis De Toni } (gelbgrüne Watten am Boden)

in Leitungswasser:

I. Chlamydomonas variabilis Dangeard (bildet grünen Anflug am Sand),

II. Ulothrix tenerrima Kützing
Ulothrix subtilis De Toni } (kleine Watten am Boden).

Die vorkommenden Arten gehören sämtlich den einzelligen und fadenbildenden Grünalgen an. Die verschiedenen Kulturmedien bewirken keine Artenauslese, sondern eine schon makroskopisch erkennbar starke und verschieden geartete Begrünung. Die Kultur in Nährlösung zeigte ein etwa fünfmal so starkes Wachstum als die in Leitungswasser. Dabei bildete sich in Nährlösung ein 1 cm hoher Ring von frischgrüner Farbe und eine dichte, geschlossene, dunkelgrüne Haut auf der Oberfläche; beim Leitungswasser hingegen war nur an der Lichtseite eine Spur von Begrünung zu sehen. Die Watten am Boden waren ebenfalls schwächer entwickelt als die in Nährlösung.

2. Urgebirgserde von Gastein (PH = 5,42).

Von der Erde wurden erstmalig am 17. 9. 1940 2,5 g in 50 ccm folgender Nährlösung gegeben:

5 g KNO_3 + 5 g NaH_2PO_4, in 2 Liter Münchener Leitungswasser gelöst.

Die Algenflora war bei verschiedenen Untersuchungen nach Art und Zusammensetzung fast die gleiche. Es wurden folgende Arten festgestellt, die wieder den einzelligen und fadenbildenden Grünalgen zugehören:

I. Chlamydomonas gloeogama Korschikoff,
Chlorella vulgaris Beyerinck,
Chlorella conglomerata (Artari) Oltm.,
Chlorococcum humicolum (Naeg.) Rabh.,
Coccomyxa dispar Schmidle.

II. Ulothrix tenerrima Kützing,
Stichococcus bacillaris (Naeg.), große Form, bildet lange Fäden,
Stichococcus bacillaris (Naeg.), kleine Form.

Dazu kamen reichlich Moosprotonemen und Pilzmyzelien.

Es scheinen aber auch noch Kieselalgen zum natürlichen Bestand der Bodenflora zu gehören, was sich aus dem häufigen Vorkommen von Schalen schließen läßt.

Um festzustellen, ob sich unter veränderten Kulturbedingungen noch andere Arten aus dem Boden züchten lassen, wurden Proben dieser Erde im September 1941, also genau nach einem Jahr (es wurde die gleiche Jahreszeit unter dem Gesichtspunkt der Sukzession gewählt) in der gleichen Versuchsanordnung wie die Heideerde in Leitungswasser und in der besprochenen Nährlösung kultiviert. Die Erde war in verschlossener Glasschale aufbewahrt worden und befand sich in pulverisiertem Zustand.

Nach etwa vier Wochen zeigte sich in den Kulturen mit Nährlösung ein 1 cm hoher frischgrüner Ring über dem Flüssigkeitsspiegel um den ganzen Kolben herum und eine Haut, die geschlossen die ganze Oberfläche bedeckte, der Boden zeigte nur wenig Begrünung. In den Kulturen mit Leitungswasser hingegen machte die Gesamtbegrünung nur etwa ein Sechstel der ersteren aus und betraf nur den Bodenbewuchs.

Der mikroskopische Befund war folgender:

in Nährlösung:

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.

II. Stichococcus bacillaris (kleine Form), Einzelzellen,
Amöben, Paramaecien.

in Leitungswasser:

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorococcum humicolum,
Flagellaten.

II. Stichococcus bacillaris (kleine Form).

IV. Anabaena variabilis Kützing,
Anabaena affinis Lemmermann,
Oscillatoria subtilis Kützing,
Moose, Paramaecien.

Die Vergleichung der drei Listen ergibt, daß die Zahl der Algenarten durch das Austrocknen keine Einbuße erlitten hat. Es fehlen in den zwei letzteren Listen einige Grünalgen, statt

dessen zeigen sich andere Arten der gleichen Gruppe. Auffallend ist das Auftreten von Blaualgen und Kieselalgen in Leitungswasser.

3. Ackererde aus Ballweiler (Bliesgau).

Die Erde stammt aus den oberen Schichten eines Kartoffelackers, der zwei Jahre nicht mehr mit Mineraldünger versehen war. Sie ist stark lehmhaltig und reagiert neutral. Die Probe wurde Anfang September 1941 entnommen und mit Algennährlösung bzw. sterilem Leitungswasser angesetzt. Das Anfangs-PH der Kulturlösungen war neutral.

Nach sechs Wochen (Mitte Oktober) wurden folgende Listen aufgestellt:

in Leitungswasser:

2% I. Chlamydomonas variabilis Dangeard.
97% IV. Oscillatoria brevis, Kütz.,
Oscillatoria animalis, Agardt,
Oscillatoria Boryana, Bory,
Oscillatoria subtilis, Kütz.,
Phormidium ambigum, Gom.,
Phormidium Boryanum, Kütz.,
Phormidium foveolarum (Mont.) Gomont,
Anabaena variabilis, Kütz.,
Nostoc commune, Vaucher,
Nostochopsis lobatus, Wood,
Microchaete tenera, Thuret,
Schizothrix fragilis, Kütz.
V. Hantzschia amphioxys. (Ehr.) Grün,
1% Moosprotonemen.

in Nährlösung:

30% I. Chlamydomonas variabilis, Dangeard,
Chlorella vulgaris, Beyerinck,
Chlorococcum humicolum, (Naegeli) Rabenhorst.
38% II. Ulothrix tenerrima, Kütz.,
Ulothrix limnetica, Lem.,
Stichococcus bac. (kleine Form),
Microspora stagnorum, Kütz.

5% IV. Oscillatoria subtilis, Kütz.,
Microchaete tenera, Thuret.
2% V. Hantschia amphioxys, (Ehr.) Grün.
25% Moos, Protozooen.

Auffallend ist das fast ausschließliche Auftreten von Blaualgen in Leitungswasser, während sie in Nährlösung nur eine geringe Rolle spielen.

Der makroskopische Befund ist ebenso verschieden wie der mikroskopische. Im Leitungswasser finden sich fast ausschließlich blaugrüne Rasen an der Erde; ebenso im doppelt destillierten Wasser, wo aber die Menge nur die Hälfte von der in Leitungswasser ausmacht; diese wiederum ist halb so groß wie in der Nährlösung, die intensiv grüne Ring- und Hautbildung zeigt. Am Boden bilden sich wenig blaugrüne Inseln.

Zusammenfassung der Ergebnisse der drei Versuche: Die Nährlösung begünstigt Grünalgen und läßt Blaualgen nur ganz wenig oder gar nicht zur Entwicklung kommen, Leitungswasser dagegen fördert die Entwicklung von Blaualgen und Kieselalgen.

4. Gartenerde vom Versuchsfeld Obermenzing.

Es wurden 2,5 g frische Erde in 50 ccm Nährlösung gegeben (5 g KNO_3 + 5 g $Na\,H_2\,PO_4$ in 2 Liter Münchener Leitungswasser).

Der Versuch wurde in gleicher Weise angesetzt Anfang April, Ende Mai, Mitte September und Anfang Dezember 1940. Im folgenden sind die Algenlisten gegeben, die bei jeder mikroskopischen Untersuchung aufgestellt wurden. Da zur Mikro-Lebensgemeinschaft des Bodens außer den Algen auch Pilze, Bakterien und Moose gehören und auch die Mikrofauna in den Kreislauf von Wechselwirkung und Zusammenspiel eingeschaltet ist, so wurde das Vorkommen der einzelnen Stämme hier wenigstens statistisch festgehalten, wenn auch die Beziehungen zwischen ihnen nicht geklärt werden können.

1. Frühjahrserde (angesetzt am 12. April 1940)

Der mikroskopische Befund nach einem Monat (Mai 1940):

I. Chlamydomonas variabilis Dangeard,
Chlorella vulgaris Beyerinck,
Chlorococcum humicolum (Naegeli) Rab.

II. Ulothrix tenerrima Kützing,
Stichococcus bacillaris Naegeli (große u. kleine Form).
III. Bumilleria exilis Klebs.
IV. Oscillatoria brevis Kützing,
Oscillatoria subtilis Kützing,
Anabaena variabilis Kützing.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia u. veneta Kützing,
Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grün,
Moosprotonemen,
Paramaecien.

Nach 3 Monaten (Juli 1940):
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.
II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bac. (kleine Form).
III. Bumilleria exilis,
Heterococcus viridis.
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Oscillatoria amphibia Agardh,
Phormidium molle (Kütz.) Gomont,
Phormidium foveolarum (Mont.) Gomont,
Anabaena variabilis,
Anabaena affinis Lemmermann,
Nostoc commune Vaucher,
Cylindrospermum stagnale Kützing,
Dactylococopsis spec.,
Microcystis pulverea.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia und veneta,
Hantschia amphioxys,
Moosprotonemen,
Paramaecien, Nematoden.

Nach 5 Monaten (September 1940):
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
Scenedesmus quadricauda (Turp.) Breb.

II. Ulothrix tenerrima,
Ulothrix Oscillarina Kützing,
Stichococcus bac. (kleine Form).
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Oscillatoria amphibia,
Phormidium ambiguum,
Phormidium molle,
Phormidium foveolarum,
Anabaena variabilis,
Anabaena affinis,
Nostoc commune,
Cylindrospermum stagnale.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Navicula rynchocephala Kützing,
Hantzschia amphioxys,
Moosprotonemen,
Paramaecien, Nematoden, Bärentierchen.

Nach 9 Monaten (Januar 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorococcum humicolum.
II. Ulothrix tenerrima.
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Anabaena variabilis,
Nostoc commune,
Cylindrospermum stagnale.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Moosprotonemen,
Paramaecien.

Nach 1 Jahr (April 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorococcum humicolum.
II. Ulothrix tenerrima (Chlorophyllkörper zerfällt).
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Anabaena variabilis,

Nostoc commune,
Cylindrospermum stagnale.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Moose.

2. Sommererde (angesetzt am 27. Mai 1940)

Der mikroskopische Befund nach 1 Monat (Juni 1941):
I. Chlamydomonas variabilis.
II. Stichococcus bacillaris (kleine Form).
III. Bumilleria exilis.
IV. Oscillatoria brevis,
Anabaena variabilis.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia und veneta,
Amöben, Paramaecien.

Nach 19 Tagen:
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
Scenedesmus quadricauda.
II. Stichococcus bac. (kleine Form).
III. Bumilleria exilis.
IV. Oscillatoria brevis,
Anabaena variabilis,
Microcystis pulverea.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia und veneta,
Amöben, Paramaecien.

Nach 2 Monaten (Juli 1940):
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorella humicolum.
II. Stichococcus bacillaris (kleine Form).
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Phormidium ambiguum,
Anabaena variabilis,
Anabaena affinis,
Nostoc commune,
Microcystis pulverea.

V. Navicula cryptocephala var. intermedia und veneta,
Hantzschia amphioxys,
Amöben, Paramaecien.

Nach 5 Monaten (Oktober 1940):
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.
II. Auskeimende Sporen,
Stigeoclonium tenue.
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Anabaena variabilis,
Anabaena affinis,
Nostoc commune,
Cylindrospermum stagnale,
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Foraminiferen, Paramaecien.

Nach 1 Jahr (Juni 1941):
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.
II. Coccomyxa dispar.
III. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris (kleine Form),
Stigeoclonium tenue.
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Anabaena variabilis,
Nostoc commune,
Nostoc Linckia,
Cylindrospermum stagnale.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Paramaecien, Nematoden.

3. Herbsterde (angesetzt am 17. September 1940).

Der mikroskopische Befund nach 4 Monaten (Januar 1941):
I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.

II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris (große Form – Fäden),
Stichococcus bacillaris (kleine Form – Einzelzellen).
III. Bumilleria exilis.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Moosprotonemen, Pilzmycel, Bakterien,
Amöben, Paramaecien, Bärentierchen.

Nach 7 Monaten (Juni 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
Oocystis terrestris,
II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris (kleine Form).
III. Bumilleria exilis.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia und veneta,
Moosprotonemen,
Paramaecien.

Nach 10 Monaten (Juli 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris (kleine Form),
Moosprotonemen,
Paramaecien, Vorticellen.

Nach 1 Jahr (September 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.
II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris (kleine Form),
Moosprotonemen (sehr viel),
Paramaecien.

4. Wintererde (angesetzt am 12. Dezember 1940).

Der mikroskopische Befund nach 2 Monaten (Februar 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.
II. Ulothrix tenerrima.
III. Bumilleria exilis.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Hantzschia amphioxys,
Moosprotonemen,
Paramaecien.

Nach 4 Monaten (April 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
II. Ulothrix tenerrima.
III. Bumilleria exilis.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Hantzschia amphioxys,
Moosprotonemen,
Paramaecien.

Nach 7 Monaten (Juli 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum.
II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris (kleine Form – lange Zellen).
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Moosprotonemen (sehr viel),
Pilzmycelien,
Paramaecien.

Nach 9½ Montaen (Oktober 1941):

I. Chlamydomonas variabilis.
II. Ulothrix tenerrima.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia und veneta,
Moosprotonemen, Pilzmycelien,
Paramaecien.

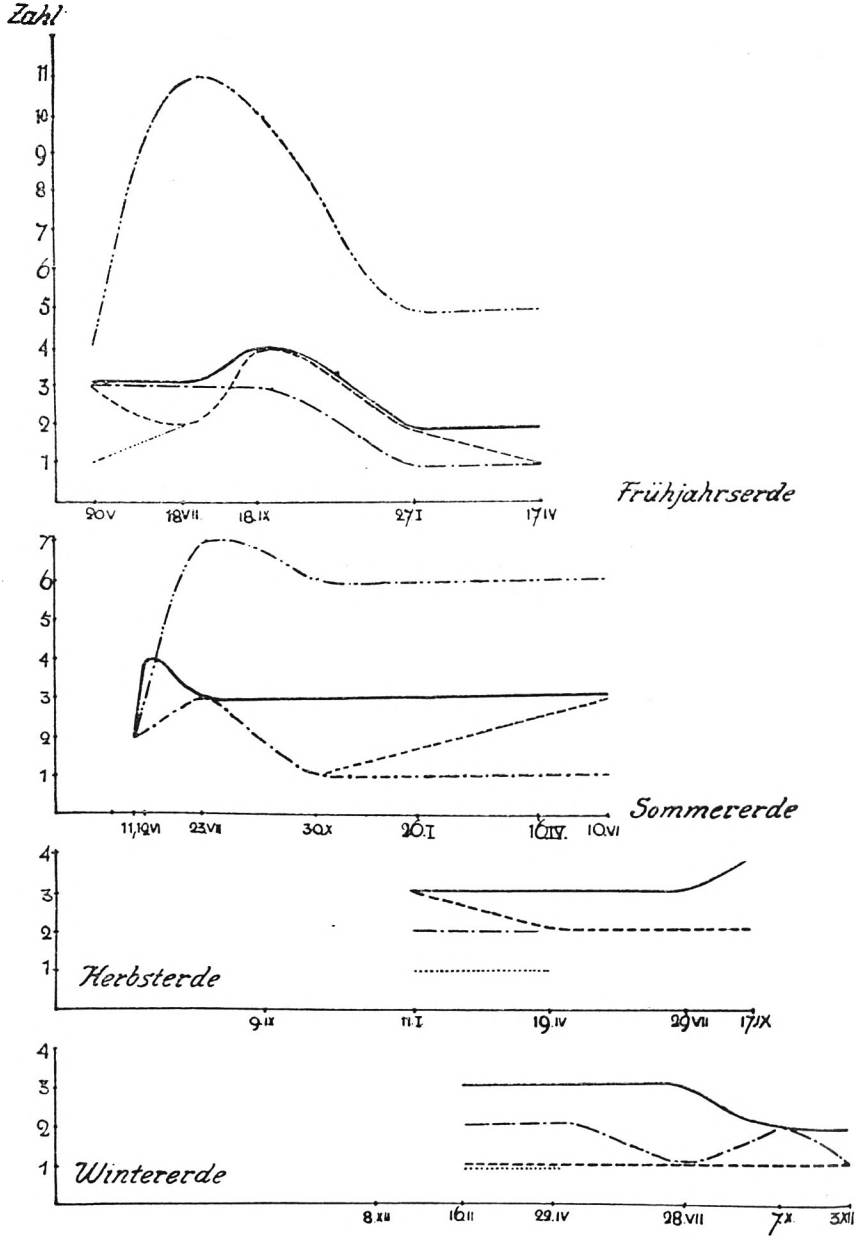

Abb. 2. Artenzahl der einzelnen Algengruppen
(Vgl. hierzu Abb. 1 wegen der Algengruppen)

Nach 1 Jahr (Dezember 1941):

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris.
II. Ulothrix tenerrima.
V. Navicula cryptocephala var. intermedia,
Moosprotonemen, Pilzmycelien,
Bärentierchen.

Artenzahl.

Die Algenlisten und Abb. 2 und 3 ergeben, daß die im Frühjahr und Sommer entnommenen Erdproben ungleich artenreicher sind als die vom Herbst und Winter. Dieser Unterschied läßt sich zum großen Teil durch die schon erwähnte Tatsache erklären, daß bei den beiden ersteren die Blaualgen sehr zahlreich vertreten sind, während sie bei den beiden letzteren vollkommen fehlen. Die bei Herbst- und Wintererde fehlenden Blaualgen werden nicht durch Algen aus anderen Gruppen ersetzt. Eine hinreichende Erklärung für diese Erscheinung habe ich nicht gefunden. Jedenfalls kann sie nicht in den Kulturbedingungen gesucht werden, da diese vollständig gleich blieben. Die Auslese muß schon in freier Natur erfolgt sein. Einen Hinweis kann vielleicht die nähere Betrachtung der PH-Verhältnisse geben:

Die Aziditätsverhältnisse bei den vier Kulturversuchen sind folgende:

Von den Erdproben der vier Versuche hatten die beiden ersten mit 7,35 und 7,52 fast gleiches Anfangs-PH und wiederum die beiden anderen mit 6,6 und 6,56. Hierin läßt sich vielleicht ein ursächlicher Zusammenhang mit dem Auftreten der Blaualgen erkennen. Es ist bekannt, daß diese ein alkalisches Medium lieben. Ob aber Frühjahrs- und Sommererde in der Regel alkalischer sind als Herbst- und Wintererde, bedarf noch näherer Untersuchung. Die verschiedenen PH-Werte der an gleicher Stelle entnommenen Erdproben sind zu sehen als eine kontrollierbare Äußerung der Vorgänge, die sich im Rhythmus der Jahreszeit im Boden abspielen. Die PH-Änderung im Versuchsverlauf erfolgt für die zwei Gruppen verschieden:

	Anfangs-PH	höchste erreichte PH-Zahl während des Jahres		
Frühjahrserde	7,35	nach 5 Mon.	8,02	Sept.
Sommererde	7,52	nach 4 Mon.	7,94	Sept.
Herbsterde	6,60	nach 11 Mon.	8,15	Ende Aug.
Wintererde	6,56	nach 10 Mon.	7,52	Anf. Okt.

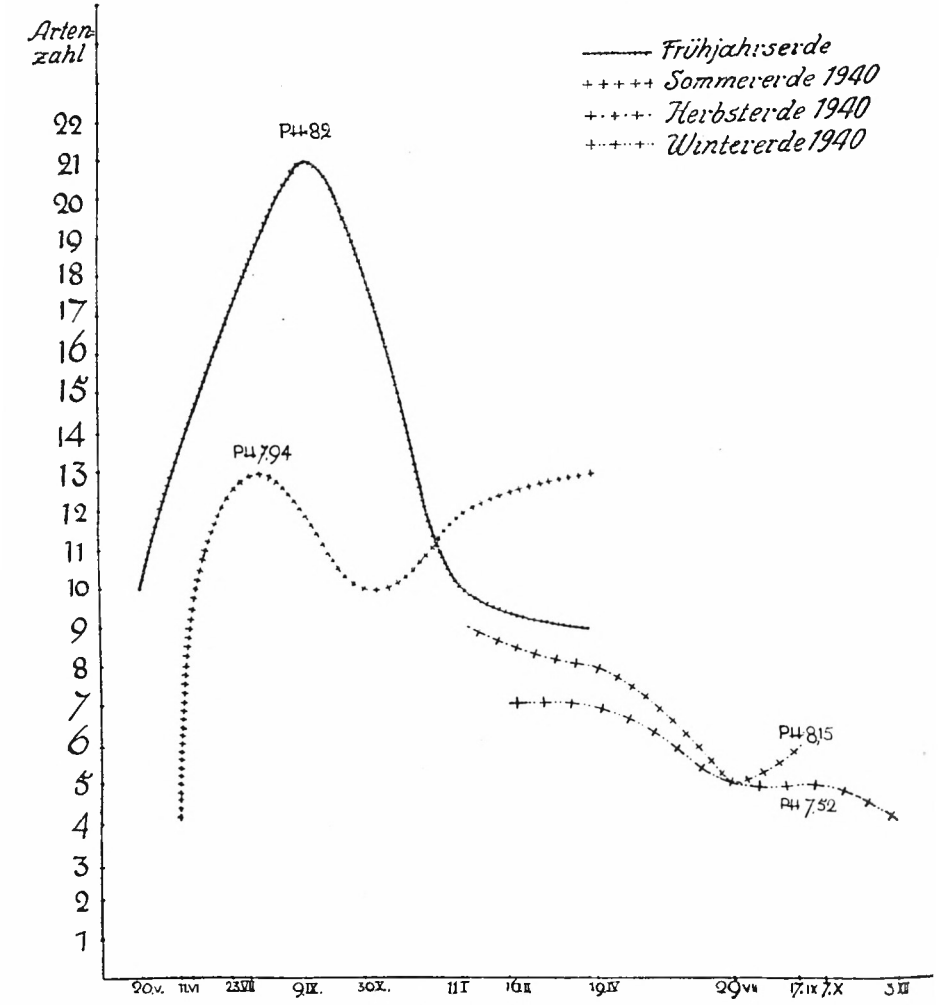

Abb. 3. Gesamtartenzahl der in den 4 Versuchsproben der Gartenerde von Obermenzing vorkommenden Algen während der Versuchsdauer von einem Jahr

Aus der Tabelle scheint hervorzugehen, daß unabhängig von der Zeit der Erdentnahme die höchste PH-Zahl 8,02 und 7,94, also die geringste WIK, in die Zeit von August bis Oktober fällt. Zu dieser Zeit wurde für die zwei ersten Versuche die höchste Artenzahl festgestellt. Die Kurven für Herbst- und Wintererde hingegen ergeben ein verändertes Bild. Die meisten Arten treten im Frühjahr (Januar – Mai) auf. Zur Zeit der geringsten WIK (PH = 8,15 und 7,52) steigt die Abbildung für Herbsterde nochmals schwach an und die Artenkurve für Wintererde hält sich auf gleicher Höhe, um dann abzufallen. Diese Beobachtungen lassen auf bestimmte Gesetzmäßigkeiten schließen und zeugen von einem gewissen Einfluß der WIK auf die Entwicklungsgänge in künstlicher Kultur. Es vermochte aber die gleiche alkalische Reaktion der Kultur, die sich im Versuchsverlauf auch für die zwei letzten Versuche ergab, keine Blaualgen zur Entwicklung zu veranlassen.

Trotz der durch die Blaualgen verursachten Gruppierung der Versuche ist doch klar ersichtlich, daß bei sonst gleichgearteter Vegetation die Frühjahrserde weitaus artenreicher ist als die Sommererde. In einigem Abstand folgen Herbst- und Wintererde, unter sich wieder abgestuft. Das gleiche Ergebnis gilt für die Mikrofauna.

Sukzession.

Die Erscheinung der Sukzession beschreiben Moore und Carrer so, daß einige Arten dominierend auftreten, dann aber allmählich verschwinden und anderen Arten Platz machen. Grundlage für jede Sukzession ist die durch die allgemeinen und besonderen Bedingungen festgelegte spezifische Algenflora eines Bodens. Unter den noch nicht sämtlich bekannten Faktoren, die die Sukzession bestimmen, ist sicher die jahreszeitliche Gebundenheit einiger Algenarten von großer Bedeutung, ebenso spielt der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration eine wichtige, aber nicht die ausschließliche Rolle, die v. Schelhorn ihr zukommen läßt: „Das, was als scheinbare Sukzession der Algengattungen erscheint, ist in Wirklichkeit nichts anderes als die Auswirkung der Änderung des Säuregrades im Kulturmedium.“ Es handelt sich hier wie überall in der Mikrobiologie um eine

Summierung und Überlagerung der verschiedensten Ursachen und Wirkungen.

Im folgenden sollen die vier Versuche mit Gartenerde von Obermenzing unter dem Gesichtspunkt der Sukzession betrachtet werden. Da die während der ganzen Versuchsdauer aufgetretenen Algen in der Frühjahrs- und Sommererde einerseits und in der Herbst- und Wintererde andererseits fast die gleichen sind, können sie in zwei Listen gegenübergestellt werden.

Frühjahrs- u. Sommererde

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
Scenedesmus quadricauda,
II. Ulothrix tenerrima,
Ulothrix Oscillarina,
Stichococcus bacillaris,
Stigeoclonium tenue,
III. Bumilleria exilis,
Heterococcus viridis,
IV. Oscillatoria brevis,
Oscillatoria subtilis,
Oscillatoria amphibia,
Phormidium molle,
Phormidium ambiguum,
Phormidium foveolarum,
Anabaena variabilis,
Anabaena affinis,
Nostoc commune,
Nostoc Linckia,
Cylindrospermum stagnale,
Dactylococcopsis spec.
Microcystis pulverea,
V. Navicula cryptocephala
var. intermedia u. veneta.
Hantzschia amphioxys.

Herbst- u. Wintererde

I. Chlamydomonas variabilis,
Chlorella vulgaris,
Chlorococcum humicolum,
Oocystis terrestris,
II. Ulothrix tenerrima,
Stichococcus bacillaris,
III. Bumilleria exilis,
V. Navicula cryptocephala
var. intermedia u. veneta.
Hantzschia amphioxys.

Die beiden Listen ergeben die im Boden zur Zeit der Erdentnahme vorhandene Algenflora. Diese Ausgangsflora ist

verschieden. Wie die einzelnen Arten aufeinander folgen, ist aus den vollständigen Listen ersichtlich. Vergleicht man dazu Abb. 1 und 2, so ergibt sich das Gesamtbild der Sukzession. Es zeigt sich dabei, daß dem prozentualen Anteil der Algengruppen nicht immer die Artenzahl entspricht. Es muß deshalb zunächst Abb. 1 beachtet werden.

Die Änderung der PH-Werte während der ganzen Versuchsdauer erfolgt bei den vier Versuchen im gleichen Rhythmus:

Frühjahrserde:	7,35 → 8,02 → 7,82
Sommererde:	7,52 → 7,22 → 7,71 → 7,94 → 7,60 → 7,48
Herbsterde:	6,60 → 7,16 → 7,62 → 8,15 → 7,62
Wintererde:	6,56 → 6,67 → 7,52 → 7,20

Dementsprechend müßte nach v. Schelhorn die Algenfolge sein:

Stichococcus → Ulothrix → Chlamydomonas → Blaualgen.

Für die beiden ersten Versuche stimmt diese Beobachtung insoweit, als die drei ersteren Arten, unter denen wieder Chlamydomonas und Stichococcus sich gleichartig verhielten, allmählich von den Blaualgen abgelöst wurden. Bei den beiden anderen Versuchen korrespondieren bei ganz gleicher PH-Änderung einzellige und fadenbildende Grünalgen. Sind gleichzeitig gelbgrüne und Kieselalgen vorhanden, so sind bei Herbst- und Wintererde die einzelligen Grünalgen in der Überzahl. Verschwinden aber die ersteren, so setzt ein stärkeres Wachstum der fadenbildenden Grünalgen ein, so daß die beiden Grünalgengruppen sich ausgleichen. Zur Zeit der geringsten Wasserstoffionenkonzentration ist dieser Ausgleich gerade erfolgt.

Bei den beiden letzten Versuchen treten Diatomeen und Heterokonten zu gewissen Zeiten in so großem Prozentsatz auf, daß dadurch eine bedeutende Verschiebung und vielleicht auch physiologisch bedingte Verdrängung anderer Algenarten bewirkt wird. Aus den Abbildungen 1 und 2 wird ersichtlich, daß diese Algen nur zu ganz bestimmten Jahreszeiten auftreten bzw. ein Entwicklungsmaximum zeigen. Die Heterokonten, die durch Bumilleria exilis und Heterococcus viridis vertreten sind, haben nur eine kurzfristige Lebensdauer von einem halben Jahr, die an die Zeit von Anfang Januar bis Anfang Juli gebunden ist.

Ende Januar, Anfang Februar scheint der Höhepunkt der Entwicklung zu liegen.

Diatomeen zeigen zwei Vegetationsperioden: Im Frühjahr von Januar bis April und im Herbst von August bis November.

Ebenfalls periodisch tritt auf Scenedesmus quadricauda (Turpin) typicus (var. maximum W. u. G. S. West). Diese Alge habe ich bei der Frühjahrserde im September und in der Sommererde im Juni gefunden.

II. Zur Morphologie und Systematik einiger Bodenalgen.

a) Chlorella vulgaris Beyerinck.

Diese Alge tritt zu jeder Jahreszeit in sämtlichen untersuchten Erden auf und vermehrt sich noch unter ungünstigen Kulturverhältnissen. Die hier besprochene Art entstammt der Gartenerde vom Versuchsfeld. In eine Flasche, die Arseniklösung in der Konzentration 1 : 10000 enthielt (Verdünnung mit Nährlösung: 5 g KNO_3 + 5 g $Na\,H_2\,PO_4$, in 2 Liter Leitungswasser gelöst), kamen wenige Zellen von Chlorella. Innerhalb eines Monats hatten sie sich so stark vermehrt, daß die ganze Lösung grün gefärbt erschien. Aus dieser Lösung wurde die Alge in Abständen von einem Monat immer wieder in neue Lösungen umgeimpft. Jede Kultur wurde unter stetiger Beobachtung gehalten und zum Vergleich die Ausgangslösung herangezogen. Es zeigten sich aber keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Alge in der Ausgangslösung und der in den neuen Kulturen. Die Zellgrößen, Zell- und Chromatophorenformen blieben die gleichen, ebenso der Gesamtentwicklungsgang, der sich folgendermaßen darstellen läßt. Vgl. dazu Abb. 4.

Die junge vegetative Zelle ist abweichend von der bei Pascher beschriebenen kugelig bis ellipsoidisch. Der Chromatophor ist topf- oder muldenförmig, dünn und der Wand angelagert, manchmal liegt er schief in der Zelle, so daß die Form leicht mit Coccomyxa dispar verwechselt werden kann. Ebenso wäre eine Verwechslung mit der nachher beschriebenen Form Oocystis terrestris möglich (Abb. 4/1). Die vegetative Zelle ist in der Regel 3–4 μ lang und 2–3 μ breit (Abb. 4/1). Die Zellen wachsen heran und umgeben sich mit einer dickeren Membran.

Der Chromatophor zieht sich dabei öfter in ein schmales Band aus, das sich wie bei Ulothrix der Wand anschmiegt. Manchmal ist er spiralig gewunden wie bei Spirogyra (Abb. 4/2). Diese Erscheinungen stellen Ausnahmen dar, müssen aber gebracht werden, um auf die Vielgestaltigkeit hinzuweisen, die bei der Bestimmung leicht irreführen kann. In der Regel bleibt der Chromatophor muldenförmig (Abb. 4/3). Die Zellen wachsen heran bis zu einer Größe von 8, 9, 10, 12 und 13 μ Länge und den zugehörigen Dicken 8,8, 9,9 und 9 μ. Meist sind die Zellen in diesem Stadium kugelig (Abb. 4/4). Bei vielen Zellen dieser Entwicklungsphase wurde in der Zellmitte, meist in dem Zwischenraum innerhalb des Chromatophors eine helle Kugel beobachtet, die sich mit Osmiumsäure schwarz färbt. Es handelt sich also um fettes Öl, das als Reservestoff gespeichert wird. Im weiteren Entwicklungsverlauf lösen sich zunächst diese Ölkugeln auf, die Zellen umgeben sich mit einer doppelten Membran, während gleichzeitig der Chromatophor seine plastische Gestalt verliert und als diffuses Grün erscheint (Abb. 4/5). In diesem Entwicklungszustand beginnen Zellteilungen im Innern der Kugeln (Abb. 4/6). Dieses Stadium ist leicht mit Dyctiococcus varians Gerneck zu verwechseln. Diese Verwechslungsmöglichkeit scheint zu Fehlbestimmungen im Schrifttum über Bodenalgen geführt zu haben. Erst die Beobachtung der Weiterentwicklung gibt Klarheit, denn

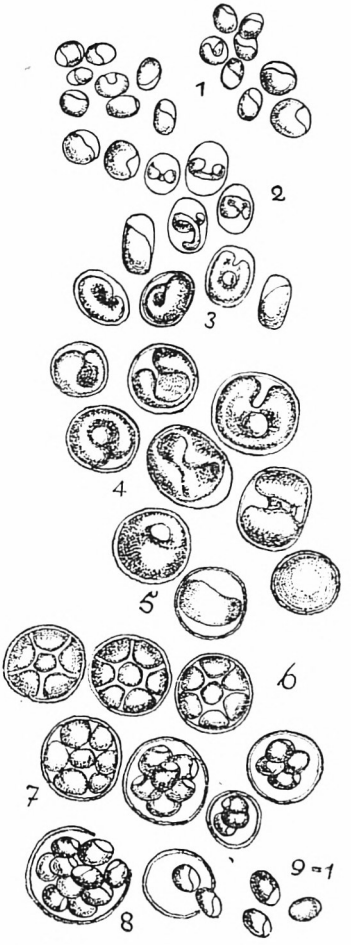

Abb. 4. Chlorella vulgaris Beyerinck in arsenikhaltiger Nährlösung

beim Vorliegen von Chlorella bilden sich keine beweglichen Autosporen, die für Dyctiococcus charakteristisch sind. Die einzelnen Teilkörper kugeln sich ab und umgeben sich mit einer dünnen Membran (Abb. 4/7). Die neu entstandenen Autosporen verbleiben nur kurze Zeit in der Mutterzellmembran und werden dann zu 2–16 durch Zerspringen frei (Abb. 4/8). Die jungen Zellen sind unbeweglich, also unbegeißelt (Abb. 4/9). Nun beginnt die Entwicklung von neuem.

In der Ausgangslösung waren in 40 ccm Flüssigkeit 4 mg Arsenik. Nach zwei Monaten wurde durch Titrieren noch 2 mg festgestellt. Chlorella vermag demnach bei Anwesenheit dieser immerhin beträchtlichen Mengen von Arsenik zu leben und sich zu vermehren.

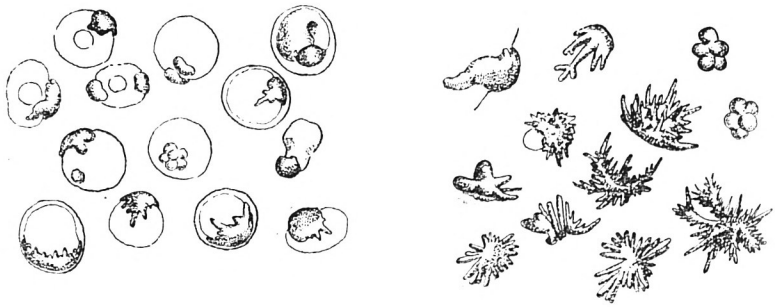

Abb. 5. Chlorella vulgaris
Kernfärbung mittels Feulgenscher Nuclealreaktion

Ein auffallendes Ergebnis zeigt die Kernfärbung nach Feulgen: Die rotgefärbten Körper sind groß und recht verschieden gestaltet: nieren und maulbeerförmig, traubenartig, stern- und eisblumenähnlich. Vgl. Abb. 5.

Diese Erscheinung ist vielleicht als Arsenwirkung anzusprechen im Sinne eines karyoklastischen Schockes nach Chodkowski. Nach dessen Ausführungen aber tritt diese Störung schon innerhalb der ersten 24 Stunden auf. Beinahe alle Chlorellaindividuen sowohl in der arsenikhaltigen als in den Algennährlösungen bleiben am Leben und vermehren sich weiter, so daß dauernde Schädigung nicht nachgewiesen werden kann. Dabei blieben die vorhin beschriebenen Zellformen zwei Jahre hindurch erhalten.

Ausgehend von der ellipsoidischen Form (Abb. 4/1 und Abb. 6/I 1) mit dem vorhin geschilderten Entwicklungsgang, daß in einer Mutterzelle 8–16 Tochterzellen entstehen (Abb. 4/7, 8 und Abb. 6/I 2), brachte ich dieses Ausgangsmaterial auf einen festen Nährboden, dessen Zusammensetzung oben gegeben ist. Nach ganz kurzer Zeit erhielt die Alge ein vollkommen verändertes Aussehen. Die vegetativen Zellen sind nicht mehr ellipsoidisch, sondern kugelig und erreichen damit die Form, welche in der Literatur als charakteristisch angegeben wird für Chlorella vulgaris Beyerinck (Abb. 6/II 1). Besonders auffällig ist außerdem, daß die Autosporenbildung in der Weise vor sich geht, daß die Mutterzellen mächtig heranwachsen und in ihrem Innern nicht 8–16, sondern oft weit über 200 Tochterzellen ausbilden. Der Durchmesser der Mutterzellen wird bis 42 μ groß (Abb. 6/II 2). Die Autosporen werden durch Platzen der Mutterzellmembran frei und geben dann normale kugelige Chlorellazellen (Abb. 6/II 3). Neben diesen Riesenmutterzellen mit so vielen Tochterzellen kommen auch normale mit 8 bzw. 16 Tochterzellen vor (Abb. 6/II 4). Das in der Literatur angegebene Gattungsmerkmal für Chlorella, daß bei der Autosporenbildung aus der Mutterzelle nur 8–16 Zellen hervorgehen, ist also zu eng. Es können mit Sicherheit bis über 200 gebildet werden.

Ein Einbringen der auf Agar gewachsenen Chlorella in Nährlösung verändert die vegetative Erscheinungsform von Chlorella nicht mehr weiter. Die vegetative Zelle bleibt kugelig (Abb. 6/III 1), die Teilungsfreudigkeit dagegen nimmt ab. Bei der Autosporenbildung wird die Zahl der Tochterzellen reduziert auf das Maß, das bisher bekannt war, nämlich 8–16 (Abb. 6/III 2), und ausnahmsweise 32. Aufgefallen ist mir dabei, daß die Zellgröße gegenüber der auf festem Nährboden bedeutend zugenommen hat (Abb. 6/III 3).

Ich habe diese Beobachtungen hier gegeben, um zu zeigen, wie eine Algenart durch äußere Einflüsse in ihrer Erscheinungsform abgewandelt werden kann. Die Veränderungen gehen soweit, daß es vom äußeren Ansehen nicht mehr möglich ist, die Art zu bestimmen, ja, daß man bei der Bestimmung auf Abwege geraten muß. Es zeigt sich also immer mehr, daß es unbedingt not-

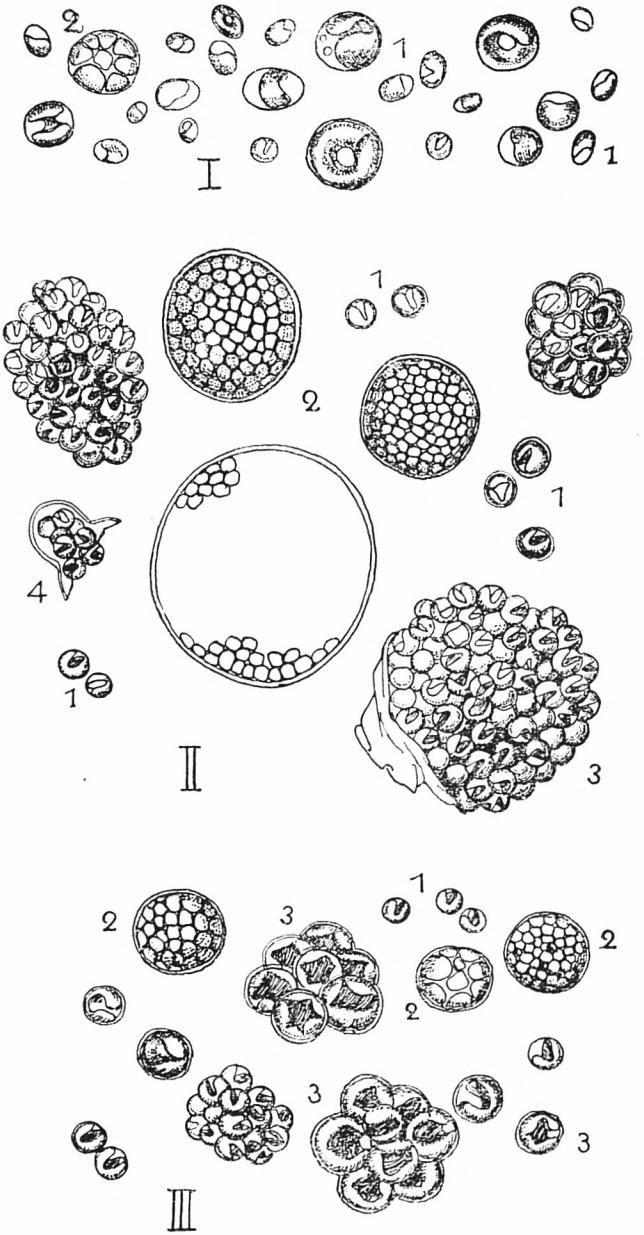

Abb. 6. Chlorella vulgaris Beyerinck

I. In arsenikhaltiger Nährlösung

II. Auf Nähragar

III. In Normalalgennährlösung

wendig ist, zur sicheren Kenntnis einer Alge den ganzen Entwicklungsgang mit in Betracht zu ziehen. Es ist sogar wahrscheinlich, daß es sich bei manchen Algenarten, die als feststehend gelten, um solche Abwandlungen handelt, die durch besondere Verhältnisse im Boden, dem sie entstammen, verursacht sind. Ich werde in einer späteren Arbeit über Stichococcus noch einmal darauf zu sprechen kommen.

b) Oocystis terrestris.

Bei dem Kulturversuch mit der im Winter entnommenen Erde fiel mir eine einzellige Grünalge auf, die stark ölig verfettet war. Sie enthielt in der Regel 2–4 Ölkugeln. Die Zellen waren meist länglich ellipsoidisch, die Zellmembran zeigte einseitig polare Verdickung. Zu ihrer Bestimmung wurde eine Reinkultur der Alge angelegt.

Entwicklungsgang:

Nach drei Tagen Kultur in Nährlösung waren die Öltropfen verschwunden. Es hatte sich ein Chlorophylkörper gebildet: einzeln, dünn, parietal. Je nachdem die Zellen mehr länglich oder mehr kugelförmig waren, zeigte der Chromatophor ulothrixähnliche Gestalt oder topfförmiges Aussehen (Abb. 7/1). Die kleinen Zellen lassen sich leicht mit dem Akinetenstadium von Stichococcus verwechseln (Abb. 7/2). Feulgensche Färbung dieser Stadien zeigte einen großen (Abb. 7/3) oder 2–8 kleine Kerne (Abb. 7/4). In den nächsten Tagen wuchsen die Zellen stark heran, die Membran wurde stachelig (Abb. 7/5). Gleichzeitig verlor der

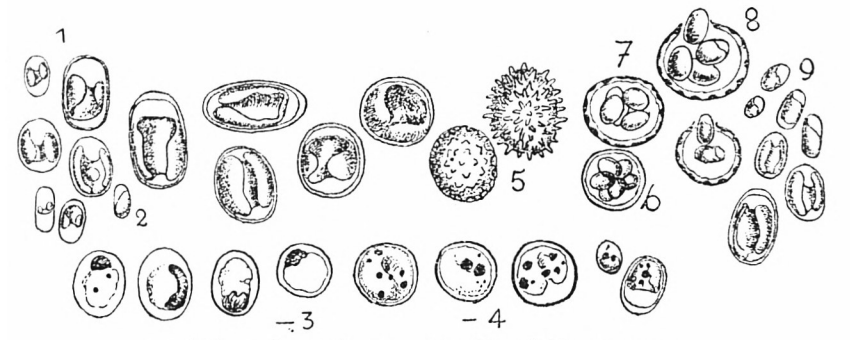

Abb. 7. Oocystis terrestris. Entwicklungsgang

Chromatophor seine plastische Gestalt und zeigte ein diffuses Grün, aus dem heraus sich 1, 2, 4, 6 oder 8 kleine längliche Sporen bildeten (Abb. 7/6). Diese umgeben sich mit einer glatten Membran, und schon nach einem Tag zeigte sich ein deutlich geformter Chlorophyllkörper. Währenddessen bildeten sich die Galertstacheln der Mutterzellmembran zurück, so, daß eine deutlich geschichtete Membran mit verdickten höckerigen Stellen noch zu sehen war (Abb. 7/7). Bereits nach 6 Tagen beobachtete ich zum erstenmal, wie durch Platzen der Membran die Tochterindividuen frei wurden (Abb. 7/8). Sie sind unbeweglich, also nicht begeißelt (Abb. 7/9).

Die Ausbildung der Stacheln konnte ich nicht bei allen zur Vermehrung schreitenden Zellen beobachten, ebenso nicht die polare Verdickung. Deutlich sichtbar dagegen waren bei allen Zellen helle Ölkugeln. Die Entwicklungsdauer währt 7 Tage.

Systematische Stellung:

Nach dem Bestimmungswerk von Pascher läßt sich diese Art nicht systematisch festlegen. Die meisten Artcharakteristika sprechen für Oocystis. Dagegen spricht, daß sich in einem Entwicklungsstadium regelmäßig über die ganze Oberfläche verteilte Stacheln finden. Nach diesem Merkmal müßte die Alge zu Lagerheimiae Brunnthaler gestellt werden. Jedoch ist für keine der dort beschriebenen Arten der Entwicklungsgang zutreffend. Da der ganze Entwicklungsgang der von Oocystis ist, das Auftreten der Stacheln aber nur an ein Stadium gebunden ist, kann die Alge zu Oocystis gerechnet werden, und zwar zur Sektion I = Eu-Oocystis mit den Bestimmungsmerkmalen:

Zellen länglich elliptisch,
Manchmal mit einseitig polarer Verdickung,
Ohne Galerthülle,
Zellen einzeln, nur als Autosporen zu 1–6–8 in der Mutterzellmembran ganz kurze Zeit eingeschlossen,
Während des Differenzierungsstadiums (zu Anfang der Autosporenbildung) Entstehung von Galertstacheln, die regelmäßig über die ganze Oberfläche verteilt sind,
Kein Pyrenoid, Reservestoff ist fettes Öl.
Größen: Ausgewachsene Zelle ehe sie zur Autosporenbildung schreitet: 6–10 μ lang, 6–8,5 μ dick.

Die Größenverhältnisse der übrigen Stadien ergeben sich aus der Abbildung.

Ich nenne die Alge Oocystis terrestris Weintraut.

c) Cylindrospermum stagnale Kützing.

Cylindrospermum stagnale habe ich in den Kulturen von Frühjahrs- und Sommererde vom Versuchsfeld durch das ganze Jahr hindurch gefunden. Die Hauptentwicklung scheint im Frühjahr zu liegen. In Kultur bildete es im April unter Entwicklung reger Assimilationstätigkeit auf der Erde lebhaft blaugrüne, samtartige Polster und strebte von da in bäumchen- und strauch-

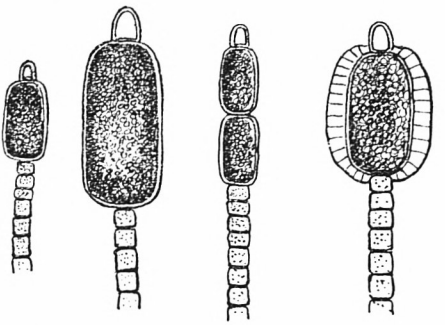

Abb. 8. Cylindrospermum stagnale
Die Dauerzellen sind verschieden gestaltet

artiger Wuchsform die Flüssigkeitsoberfläche an. Nach einem Jahr hatten sich makroskopisch sichtbare Haufen von braunen Dauerzellen gebildet. Die Trichome blieben blaugrün.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die Trichome meistens eine, selten zwei endständige Dauerzellen mit kleinen, gelben, apikalen Heterozysten tragen. Die Dauerzelle kann eine dünne gestreifte Außenschicht = Mantel besitzen oder nicht. Die Tatsache, daß hier die gleiche Art, als Cylindrospermum stagnale bestimmt, Dauerzellen mit und ohne Mantel zeigt, ist bemerkenswert, da in den vorhandenen Bestimmungsbüchern (Migula, Pascher) gerade darin ein unterscheidendes Artmerkmal gesehen wird. Die Größen für die Dauerzellen mit und ohne Mantel sind gleich, variieren aber sehr stark: vgl. Abb. 8.

Die Größen der Dauerzellen variieren zwischen:

Länge: 18–37 μ, Breite: 8–16 μ.

d) Microchaete tenera Thuret.

Microchaete tenera entstammt der Erde von Ballweiler. Die Bestimmung dieser Form war sehr erschwert durch die unvollständigen Angaben in den Bestimmungswerken. Das Erscheinungsbild dieser Blaualge variiert sehr stark. Nur der Umstand, daß ich folgende aufgeführten Formen wiederholt an einem Trichom beobachten konnte, rechtfertigt, daß sie als zusätzliche Artcharakteristika aufgeführt werden (vgl. dazu Abb. 9): Tri-

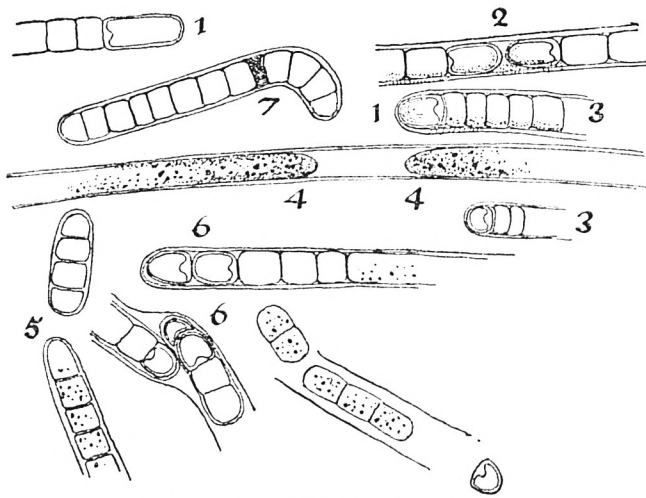

Abb. 9. Microchaete tenera Thuret

chom 6 μ dick, Heterozyste endständig oder selten interkalar, d. h. am Ende eines Hormogoniums innerhalb der Scheide (1), manchmal treffen zwei Hormogonien mit den Heterozysten zusammen (2), Heterozysten gelb. Trichom in der Nähe der Heterocysten eingeschnürt bei den Querwänden (3). Zellen sind unregelmäßig lang 3–7 μ. Trichom sonst gerade mit gekörntem Inhalt (4), das eine Ende, das keine Heterozyste trägt, ist abgerundet (5), selten zwei Heterozysten nebeneinander (6). Dauerzellen wurden nicht gesehen. Verzweigung nicht beobachtet. Kurze, junge Trichome sind oft gekrümmt (7). Die Alge wächst in Rasen am Boden der Kultur.

Die Arbeit wurde mit Unterstützung des Reichsernährungsministeriums durchgeführt. Hierfür sei Herrn Ministerialdirektor Riecke, Staatsminister a. D., ganz besonders gedankt.

Literatur.

Biechele, Oskar: Beiträge zur Kenntnis von Kern und Plasma. Diss. Techn. Hochschule. München 1932.

Boas, Friedrich: Dynamische Botanik. Lehmann, München 1942.

Bristol-Roach: Bodenalgen in Abderhalden. Handbuch, Abt. XI, Teil 3.

Chodat, R.: Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz.

Ders.: Monographies D'Algues en Culture pure. Bern 1913.

Chodkowski, C.: Die karyoklastischen Gifte . . . Protoplasma 28, 597 (1937).

Gistl, R.: Zur Kenntnis der Erdalgen. Archiv für Mikrobiologie 3 (1932). – Erdalgen und Düngung. Erdalgen und Anionen. Archiv für Mikrobiologie 4 (1932). – Über die Bedeutung der Erdalgen. Archiv für Mikrobiologie Bd. 30, Heft 24 (1934).

Kützing: Phycologia germanica. Nordhausen 1845. – Species Algarum. Lipsiae 1894.

Lindau, G.: Die Algen. Berlin 1914.

Migula, W.: Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Gera 1907.

Pascher, A.: Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Bestimmungswerk, Jena.

v. Schelhorn, M.: Zur Ökologie und Biologie der Erdalgen. Diss. T. H. München 1938. – Naturwissenschaft und Landwirtschaft, Heft 18. Datterer u. Cie., München-Freising 1938.

Weintraut, Th.: Arsenwirkungen auf Bodenmikroorganismen. Diss. T. H. München 1942.