Zeitschrift: Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwisenschaftliche Gesellschaft

Band: 58 (1922)

Heft: 2

Artikel: Grundriss einer Algenflora des appenzellischen Mittel- und Vorderlandes

Autor: Kurz, A.

Kapitel: III.: Allgemeines über die Oekologie und Verbreitung der Algen und Vergleiche mit anderen Florengebieten

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-834868

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zusammensetzung auf, z. T. mit Arten, die im Gebiet sonst nicht gefunden wurden und deren Herkunft mir nicht erklärlich ist. Neben einigen ganz gemeinen Arten zeigt die Liste dieses Grabens (Sand bei Trogen, III. 11) die nachstehenden Formen: Cosmarium Pokornyanum, holmiense und spec., Penium curtum, Closterium lunula; Stauroneis Smithii, Navicula binodis und rhynchocephala, Pinnularia Brébissonii var. notata, Frustulia vulgaris, Gyrosigma scalproides. Diese Ansiedlung verschwand später spurlos. Es ist dies naturgemäss ein Hauptunterschied dieser Standorte gegenüber den Bächen und Weihern, dass ihre Bestände auch qualitativ den grössten Wechseln unterworfen sind.

Auf feuchten Felsen kommt das Algenwachstum meist nur in den allertrockensten Zeiten zum Stillstand. Häufig fallen hier gelbgrüne Lager von Zygnema oder Mougeotia auf, in ihrem Schutze wachsen gewöhnlich kleine Cosmarien: C. Meneghinii, impressulum, holmiense und var. integrum, Pokornyanum, punctulatum var. subpunctulatum, also z. T. dieselben Arten wie in den Strassengräben. Diatomeen gesellen sich ebenfalls bei, zwei gesellschaftsfeste Formen dieser Standorte sind Cymbella alpina und Eunotia arcus, gesellschaftshold sind Diploneis ovalis, Pinnularia viridis, Cymbella delicatula, Rhopalodia gibba und var. ventricosa, Nitzschia sinuata, Surirella ovalis var. minuta. Eine Reihe fadenbildender Blaualgen bedeckt die feuchten Felsen mit lederartigen oder kugelförmigen, meist schwärzlichen oder braunen Lagern. Bestimmt wurden Petalonema crustaceum und velutinum, Calothrix parietina, Tolypothrix byssoidea und Rivularia-Arten.

Haematococcus pluvialis wurde ein einziges Mal in einer Sandsteinnische festgestellt.

6. Standorte für Aerophile (Luftalgen).

Die auf Bäumen, Mauern, Felsen und feuchter Erde wachsenden Algen weisen gegenüber anderen Gegenden keine Besonderheiten auf, es sei denn, dass man die relative Armut an Luftalgen als solche bezeichne. Ausser einigen unbestimmten Oscillarien und Nostoc-Arten, die feuchte Mauern und Wegränder besiedeln, wurden festgestellt: Nitzschia amphioxys auf Mauern und feuchter Erde, Pleurococcus Nägelii an Mauern und Bäumen, Stichococcus bacillaris an Mauern, auf trockenem Mist, Schizogonium murale und Ulothrix flaccidum an Mauern, beide nicht häufig. Sehr verbreitet, besonders auf Sandstein, ist die leuchtend gelbe Trentepohlia aurea, während T. umbrina nur wenige Male beobachtet wurde.

III. Allgemeines über Oekologie und Verbreitung der Algen und Vergleiche mit anderen Florengebieten.

Der epiontologischen Auswertung der Befunde stehen bei den Algen ungleich grössere Schwierigkeiten entgegen als bei den höheren Pflanzen. Diese Erschwerungen sind z. T. verursacht durch die bisherige Art der Forschung, z. T. liegen sie in der Natur der Sache.

Die algologische Forschung stellte sich bisher (abgesehen von den rein physiologischen Untersuchungen) meist einseitig auf den taxonomischen und autochorologischen (artfloristischen) Gesichtspunkt ein. Auszunehmen hievon ist die Planktonforschung, die sich aber auf eine beschränkte Zahl von Arten mit ganz spezieller Anpassung bezieht. Trotzdem ist die Taxonomie noch durchaus nicht abgeklärt (vergl. hierüber p. 112 und ff.).

Auch die Florenlisten ausgedehnter Gebiete der Schweiz wie des Auslandes sind noch sehr unvollständig. Fortwährend werden noch neue Formen entdeckt und für seltene Arten das Areal erweitert.

Die synchorologischen und oekologischen Forschungen, die die Vergesellschaftung der Algen und ihre Abhängigkeit vom Standort untersuchen, sind noch sehr lückenhaft.[1]) Aus vielen Arbeiten ist nicht einmal zu ersehen, ob im Sammelgebiet Urgestein oder Kalk die Unterlage bildet, und oft wird konserviertes Material bestimmt, bei welchem der Bearbeiter die Verhältnisse des Standortes nicht näher kennt.

Am eingehendsten wurden auch diese Gesichtspunkte bei Forschungen mit praktischen Zielen berücksichtigt: So für die Florula der Flüsse, zur Klärung der Frage nach der Selbstreinigung und bei den Algen fischreicher Teiche und Seen. Aber auch hier handelt es sich vorwiegend um Planktonuntersuchungen.

Auch über fossile Vorkommnisse wissen wir noch wenig. In der Schweiz ist erst ein grösseres Lager fossiler Algen entdeckt worden. Die Veröffentlichung der Befunde steht in Aussicht.[2])

Diesen mit der Zeit zu behebenden Erschwerungen stehen solche bleibender Art gegenüber, die in der Natur der Dinge begründet sind: Die klimatischen Unterschiede machen sich für die Wasserbewohner in ungleich geringerem Masse geltend als für die Landpflanzen. Ausserdem zeigt eine grosse Zahl der Algenarten eine viel geringere Empfindlichkeit gegenüber den oekologischen Faktoren. Umgekehrt ist die Migrationsfähigkeit, das Vermögen neue Gebiete zu besiedeln, m. E. für die Mehrzahl der Arten eine grössere als bei den Phanerogamen. Und endlich muss angenommen werden, dass die Algen als stammesgeschichtlich viel ältere Gruppe ihre Entwicklung in der Hauptsache schon in weit zurückliegender Zeit abgeschlossen haben.

Es steht fest, dass ein grosser Teil der Algen Kosmopoliten sind. Zum mindesten gilt dies in dem Sinne, dass sie in allen denjenigen Gebieten aller Erdteile vorkommen können, deren Klima nicht allzugrosse Gegensätze aufweist. Vergleichen wir beispielsweise die Desmidiaceenflora des brasilianischen Staates Sao Paolo (*Borge,* 9) mit *West's* British Desmidiaceae, so finden wir nur wenige Formen, die im letzteren Werk nicht verzeichnet sind. Aehnliches ergibt sich aus einem Vergleich der Diatomeenliste des Ruwenzori (25) mit *Schönfeldt's* Bacillariales (98). Auch

---

[1]) In ähnlicher Weise sind nach *Herzog* (103, Fussnote p. 908) die Vorarbeiten für die florengeschichtliche Verwendung der Moose noch ungenügend.

[2]) *W. Rytz,* Diatomeen des Schieferkohlekomplexes in Gondiswil. Sitzungsber. d. Bern. Botan. Ges., in Mitt. d. Naturf. Ges. Bern, 1920.

die Liste der von *Bachmann* (3a) in Grönland gefundenen Arten spricht für eine solche allgemeine Verbreitung der Algen. Dieser Kosmopolitismus kann natürlich bedingt sein durch alle vier oben erwähnten Umstände. Von diesen sei aber, im Gegensatz zu andern Auffassungen, die leichtere Verbreitungsmöglichkeit der Arten besonders hervorgehoben. Die Ablehnung dieser Erklärungsweise erfordert die Annahme einer polytopen Entstehung dieser Arten. Es ist ja wohl möglich, dass manches, was heute zu einer Art zusammengefasst wird, das Ergebnis einer solchen Parallelentwicklung ist. Bei ausgeprägten Formen mit einer Reihe charakteristischer Merkmale, ist dies aber höchst unwahrscheinlich.

Für die Wanderung einer neu entstandenen Form über einen Erdteil und über die ganze Erde standen ihr ungeheure Zeiträume zur Verfügung. Was uns über fossile Diatomeen bekannt ist, lässt darauf schliessen, dass die phylogenetische Entwicklung der Kieselalgen seit dem Tertiär kaum mehr Fortschritte gemacht hat (*Meister,* 72). Dies könnte auch die Uebereinstimmung mit der Florula derjenigen Erdteile erklären, mit denen heute keine oder nur sehr indirekte Landverbindung besteht.

Ueber das Mass dieser Migrationsfähigkeit sind die Meinungen allerdings sehr geteilt. Mit Rücksicht auf die oben erwähnten Verbreitungsverhältnisse behaupten die einen, es sei mit den Algen pflanzengeographisch überhaupt nichts anzufangen. Im Gegensatz dazu bezweifelt z. B. *Meister* (72), dass die Kieselalgen Verbreitungsmittel besitzen, etwa von der Wirksamkeit der Wind- oder Tierverbreitung bei Phanerogamen.

Beides geht zu weit. Anhaltspunkte gibt uns hier z. B. die Florula künstlicher Wasseransammlungen. Was in den Weihern und Rosen des Appenzellerlandes wächst, muss zum grossen Teil innerhalb mehrerer Jahrzehnte bis weniger Jahrhunderte, also in verhältnismässig kurzer Zeit, vom Unterland her eingewandert sein. Erwähnt sei hier z. B. Rhoicosphenia curvata. Es ist dies eine zwar ziemlich verbreitete, aber meist in ganz geringer Individuenzahl vorkommende Art. Trotzdem hat sie den Weg in eine ganze Anzahl von Weihern des östlichen Gebietes gefunden. Andererseits wird die Konstanz dieser Florula in den elf Beobachtungsjahren uns immerhin davon abhalten, einen allzu raschen Fluss der Erscheinungen anzunehmen.

Einen interessanten Fall von Algenverschleppung, der aber wohl nicht ohne weiteres verallgemeinert werden darf, beschreibt *Hustedt* (49a). In Togo treten Lufttrübungen auf, die als Harmattantrübe bezeichnet werden. Die mikroskopische Analyse dieses Flugstaubes ergab als höchst merkwürdiges Resultat die Anwesenheit von 56 Diatomeenarten und einer Grünalge (Pediastrum simplex). Es handelt sich um die Schalen von Süsswasserformen, mit z. T. noch gut erhaltenem Zellinhalt. Dass von den so verschleppten Algen manche noch entwicklungsfähig sind, wäre noch zu beweisen, ist aber bei der grossen Widerstandfähigkeit so vieler Arten recht wahrscheinlich.

Die richtige Einschätzung der Migrationsfähigkeit liegt also wohl in der Mitte. Weder überspringen die Algen mit Leichtigkeit alle Berge,

noch bleiben sie über Aeonen auf ihre Entstehungsgebiete beschränkt.[1]) Während die obigen Beispiele zeigten, dass die Neubesiedelung einer Wasseransammlung mit einer artenreichen Flora – und zwar nicht nur mit gemeinen Arten – in verhältnismässig kurzer Zeit sich vollziehen kann, so ist andrerseits nicht ausgeschlossen, dass einzelne Arten wegen ihrer besondern Eigenschaften und ihrer Seltenheit ihr Areal nur langsam erweitern.

Das mag z. B. bei den wirklich seltenen Formen unserer Seen zutreffen. Sehr gewagt ist aber der Schluss, den *Meister* aus dem übereinstimmenden Vorkommen von Synedra joursacensis und Cymatopleura Brunii in den Seen der Westschweiz und im Lago Maggiore zieht: „Ich fasse sie als Relikte aus tertiärer oder vortertiärer Zeit auf, aus einer Epoche, in der die beiden heute durch die Alpen getrennten Landesteile hydrographisch verbunden waren.“ Dies ganz abgesehen davon, dass beide Formen von zweifelhaftem systematischen Wert sind.[2])

Ob die Verödung unseres Landes durch die Gletscher der Eiszeit noch bis heute ihre Spuren zurückgelassen hat oder ob diese durch Wiedereinwanderung wieder völlig verwischt wurden, lässt sich m. E. auf Grund der heutigen Unterlagen nicht mit Sicherheit feststellen. Eine solche nachhaltige Wirkung müsste z. B. daran erkannt werden, dass eisfreie Gebiete eine reichere und ausgeglichenere Algenflora aufweisen müssten als die s. Z. mit Eis bedeckten. Bei den meisten als Glazialrelikte angesprochenen Algenarten ist die Beurteilung durch ihre einseitige oekologische Anpassung erschwert. So sind Stenopterobia intermedia und Navicula subtilissima kalkfeindlich und daher im Voralpen- und Hügelgebiet ausschliesslich an die Moore gebunden.

Lässt sich nach dem Gesagten für den Grossteil der Algen eine weltweite Verbreitung feststellen, so zeigt umgekehrt jede algenfloristische Untersuchung aufs neue die auffälligsten Verschiedenheiten in den Algengesellschaften ganz benachbarter Gebiete. Vermutlich dürfen manche dieser Unterschiede auf Rechnung der immerhin beschränkten Migrationsfähigkeit gesetzt werden, wenn es auch schwer hält festzustellen, was migratorisch und was oekologisch bedingt ist. So mag wohl in vielen Fällen die Auffassung *Meisters* (l. c.), dass zusammengehörige Flußsysteme ähnliche Florengesellschaften aufweisen, richtig sein. Innerhalb eines Flussgebietes sind naturgemäss die grössten Verbreitungsmöglichkeiten gegeben und zwar m. E. nicht bloss stromabwärts, sondern auch stromaufwärts. Auch in unserem Gebiet lassen sich Anhaltspunkte hiefür finden, z. B. im Bachsystem der Goldach, dessen Algenflora von derjenigen anderer Systeme (Rotbach, Mühlebach, Eugstbach) abweicht. Auch gewisse Verschiedenheiten der Lochsee- und der Appenzellerflora können in diesem Sinne erklärt werden.

Es zeigt sich aber, dass in vielen Fällen solche individuellen Züge nicht nur bei Flußsystemen vorhanden sind, sondern auch innerhalb viel engerer Grenzen: von Teich zu Teich, ja sogar von Graben zu Graben

[1]) Einen ähnlichen vermittelnden Standpunkt nimmt *Herzog* ein bezüglich der Windverbreitung der Moose.

[2]) Vergl. *Hustedt* 49, p. 12 u. 118.

oder von Fels zu Fels lassen sich Varianten, verschiedene Fazies der Algenbestände feststellen und zwar oft recht auffällige. Es ist ausgeschlossen, auch diese Verschiedenheiten einzig mit unausgeglichener Wanderung zu erklären. Hier sind auch die oekologischen Verhältnisse in hohem Masse mitbedingend. Daneben muss wohl für manche dieser Eigentümlichkeiten der Zufall verantwortlich gemacht werden — wenn man es als Zufall bezeichnen will, ob von den zahllosen Verbreitungs- und Existenzmöglichkeiten am einen Ort diese, am andern Ort eine andere zuerst verwirklicht wird.

Auch in dieser Frage nach dem Einfluss der äusseren Lebensbedingungen auf die Entwicklung und die räumliche Verteilung der Algen gehen die Meinungen weit auseinander. Unbestritten und altbekannt ist der Unterschied zwischen mariner und Süsswasserflora. Nur wenige Arten sind auch in dieser Beziehung nicht empfindlich.

Auch der Einfluss der Temperatur wurde früh schon erkannt. Neben der überwiegenden Zahl von eurythermen Arten, die bei sehr verschiedenen Temperaturen gedeihen können, stellte man alpine und arktische Formen fest. Häufig verband man damit die Meinung, dass es sich um Endemismen handle, viele Bezeichnungen, wie alpina, borealis, arctica, deuten darauf hin. In der Mehrzahl der Fälle wurde erst später die viel allgemeinere Verbreitung dieser Arten bekannt. Es sei z. B. an Pinnularia borealis erinnert, die im Norden, in den verschiedensten Gebirgen und Hügelgebieten Deutschlands und der Schweiz wie auch in Afrika (Ruwenzori) verbreitet ist. Auf Grund solcher Vorkommnisse glaubten frühere Autoren in der vertikalen Verbreitung der Algen ähnliche Gesetzmässigkeiten feststellen zu können wie für die Blütenpflanzen. So unterscheidet *Kirchner* (56) für Schlesien von der Ebene bis zu den höchsten Erhebungen des Riesengebirges (ca. 1500 m) vier Zonen, auf die die Verbreitung der Algen bezogen wird. Später zeigte es sich, dass es verhältnismässig wenige Arten gibt, die bestimmte Höhenlagen bevorzugen und dies zudem nur innerhalb sehr weiter Grenzen.

Ich stimme völlig mit *Hustedt* überein, wenn er hierüber sagt (49, p. 22) „Innerhalb weiter Grenzen hängt die Diatomeenflora eines Gewässers weniger von der Höhenlage, als von seiner speziellen Beschaffenheit ab“, und „Wenn Gebirge oder Hochgebirge dennoch ihre eigenen Formen haben, so hängen diese nicht von der Höhenlage, sondern von der niedrigen Temperatur des Wassers ab“. Für eine grosse Zahl von Blütenpflanzen trifft aber ähnliches auch zu, ihre Verbreitung ist ebenfalls in hohem Masse oekologisch bedingt. So unberechtigt, wie *Hustedt* meint, sind also auch für die Algen Benennungen wie alpin und arktisch doch nicht, nur dürfen sie weniger geographisch als oekologisch aufgefasst werden. Eindeutiger und weniger missverständlich ist die Bezeichnung dieser Arten als psychrophil[1]) oder wie *Hustedt* vorschlägt, als Kaltwasser-

[1]) Zuweilen werden solche Formen auch stenotherm genannt. Dieser Ausdruck wird aber meist — dem Wortsinn entsprechend — auf Arten mit „schmalem Temperaturoptimum“, also engbegrenzten Temperaturbedürfnissen, angewendet. Es kann also auch eine wärmeliebende Art stenotherm sein. Daher sei für die kälteliebenden Formen der Ausdruck psychrophil vorgeschlagen.

formen. Denn die meisten derselben sind auch in kälteren Gewässern tieferer Lagen zu finden.

Hier sei auch auf den höchst merkwürdigen Versuch *Schumanns* hingewiesen, die Streifenzahl der Diatomeen als eine Funktion der Meereshöhe darzustellen (105). Die Feinheit der Streifung soll mit der Meereshöhe, d. h. mit der dadurch bedingten Temperaturabnahme zunehmen, in einzelnen Fällen ergibt sich mit grösserer Höhe wieder eine Abnahme der Streifenzahl, die Kurve der Streifenzahlen wird zur Parabel. *Schumann* stellt auf Grund zahlreicher Messungen Formeln auf für die Berechnung der Streifenzahl aus der Höhe und ist so begeistert von seiner Idee — die allerdings durch gute Belege gestützt erscheint — dass er schreibt: „Sind ausserdem noch die unteren und oberen Höhengrenzen der einzelnen Arten durch Beobachtungen festgestellt, so haben wir die wesentlichen Elemente für die Geographie der Diatomeen" und „das Mikroskop würde die Stelle des Thermometers, indirekt auch des Barometers vertreten".

Auch *Brun* und *Héribaud* greifen diesen Gedanken wieder auf. *Héribaud* führte einige Messungen in der Auvergne durch. Er kommt zum gleichen Schluss wie *Schumann:* Die Streifenzahl nimmt mit der Höhe zu. Dies ist um so bedeutungsvoller, als er *Schumanns* Resultate nicht zu kennen scheint[1]) und die Unterschiede in der Streifenzahl z. T. recht erheblich sind, z. B. Königsberg-Hohe Tatra durchschnittlich 1 : 1,5, in der Auvergne für die Ebenenformen (220 resp. 350 m) und Gebirgsformen (1800 resp. 1830 m) Verhältnisse von 1 : 1¼ bis 1 : 1½.

Héribaud will einen ähnlichen Einfluss der Seetiefe auf die Riefenzahl beobachtet haben: „Sous l'influence d'un éclairement affaibli, voisin probablement de l'obscurité physiologique qui existe à une profondeur de 15 à 20 m dans les lacs d'Auvergne, la striation des valves des Diatomées se montre moins serrée, de plus, la forme générale des frustules est plus allongée et plus étroite."

Eine Nachprüfung dieser Behauptungen an zahlreichen Beispielen ist wünschenswert.

Die Flora der Blütenpflanzen trägt auf den höchsten Erhebungen unseres Gebietes stellenweise ausgesprochen alpinen Charakter. *Schmid* (92) erwähnt für das Gäbrisgebiet ca. 75 alpine Arten. In der mikroskopischen Pflanzenwelt macht sich diese Erscheinung in ungleich geringerem Masse geltend. In unserem Gebiet ist besonders Diatoma hiemale als psychrophil anzusprechen. Diese Art zeigt ihr ausschliessliches Verhalten besonders auffällig darin, dass sie im Bruderbach, in dessen oberem Teil sie häufig ist, nur selten unter 1000 m herabsteigt. Cymbella alpina, Denticula frigida und Surirella spiralis ziehen kältere Standorte immerhin vor, auch für Melosira Roeseana und Pinnularia borealis ist dies wahrscheinlich. Bei einer Reihe von Arten, die anderen Autoren als kälteliebend bekannt sind, lässt sich dies für unser Gebiet nicht fest-

[1]) *Héribaud* zit. die Vermutungen von *Schumann* u. *Brun* u. fügt bei: .. „Mais ces deux diatomistes n'ont point précisé ce fait important." *Héribaud* hat wohl den 2. Teil der *Schumannschen* Arbeit übersehen.

stellen, so bei Cocconeis flexella, Eunotia arcus, Neidium bisulcatum, Navicula subtilissima. Dies kann z. T. auch damit zusammenhängen, dass unser Gebiet ohnehin eine ziemlich hohe Lage aufweist. Unter den Desmidiaceen darf besonders Cosmarium nasutum, nach dem was bisher über seine Verbreitung bekannt geworden ist (s. bem. Arten), als arktisch-alpine Art bezeichnet werden. Bei einer so seltenen Art sind wahrscheinlich die oekologischen Faktoren nicht allein massgebend für die Verbreitung. Aehnliches könnte auch für die schon genannte Navicula subtilissima vermutet werden, doch glaube ich aus ihrer weiten Verbreitung in den Appenzellermooren entnehmen zu dürfen, dass die Art bisher vielfach übersehen worden ist.

Steinecke (106 a) spricht noch eine ganze Reihe von Arten, die auch in unserem Gebiet vorkommen, als nordisch an, z. B. Cylindrocystis Brébissonii, Penium minutum, Micrasterias truncata, Gymnozyga Brébissonii, Tetmemorus Brébissonii, Penium spirostriolatum. Schon ein Blick in *West* (Brit. Desm.) überzeugt uns von der viel weitern Verbreitung dieser Arten.

Klarer als dieser Zusammenhang von Wärme und Verbreitung der Algen erscheint der Einfluss der Temperatur auf die Schnelligkeit des Wachstums und die absoluten Mengenverhältnisse. Am deutlichsten ist dieser Zusammenhang zu erkennen bei den Entwicklungsmaxima der Diatomeen, die sich, je nach der Witterung, meist im Herbst, Winter oder Frühjahr einstellen. Dass die Grenzen für die Temperaturoptima nicht zu eng gezogen werden dürfen und dass auch die Belichtung für die Entwicklung der Diatomeen von Bedeutung ist, wurde oben (p. 80 u. ff.) gezeigt. Jene Beobachtungen bestätigen aufs beste die Ausführungen *Stahls* (107 a) über den Zusammenhang von Licht und Chromophyll. Das braune Diatomin oder Phaeophyll der Kieselalgen zeichnet sich gegenüber dem Chlorophyll durch eine stärkere Lichtabsorption im Grün aus. Die Diatomeen sind dadurch den Grünalgen gegenüber so lange im Vorteil in der Ausnützung des Lichtes, als dieses nicht zu intensiv wird. Vielleicht kann man, wie dies *Stahl* für die Phaeophyceen vermutet, auch die ungeheure Wachstumsenergie der Diatomeen während der Bildung der Maxima mit dieser Eigenschaft des braunen Farbstoffes in Zusammenhang bringen. Ueberschreitet aber die Lichtintensität das für dieses Wachstum günstige Mass, so wird der Vorteil zum Nachteil und zwar, wie *Stahl* betont, weniger wegen der chemischen Wirksamkeit der Strahlen, als wegen der durch sie verursachten Schaden bringenden Erwärmung. Diese müsste sich besonders bei einer Anhäufung der Diatomeen bemerkbar machen, wodurch ein Sommermaximum dieser Algen an voll belichteten Standorten unmöglich wird.

Auch einige andere, mit braunem oder sonstwie vom Blattgrün abweichendem Chromophyll ausgestattete Algen unserer Bäche werden in gleicher Weise vom Licht beeinflusst: Aphanocapsa, Hydrurus, Pseudochantransia und Batrachospermum treten entweder nur in den kälteren Monaten oder aber im Sommer nur an stark beschatteten Stellen in grösserer Menge auf.

Wie weit für die Sommermaxima der Desmidiaceen und Grün-

algen die Wärme direkt verantwortlich zu machen ist und wie weit die Anregung zur Massenentwicklung andern, indirekt mit der höhern Temperatur dieser Jahreszeit zusammenhängenden Faktoren zuzuschreiben ist, bleibt noch zu untersuchen.

Merkwürdig wenig Aufmerksamkeit wurde dem chemischen Gehalt des Süsswassers und seiner Wirkung auf die Algenflora gewidmet. Allgemein bekannt ist nur die Mineralfeindlichkeit der Desmidiaceen. Hier wurde vielfach in unrichtiger Weise verallgemeinert. Als dann Ausnahmen bekannt wurden, verfiel man ins andere Extrem. *Bachmann* (3) wies einige Desmidiaceen als wesentliche Bestandteile des Planktons einiger kalkreicher Seen Schottlands nach und schloss daraus: „dass die Abwesenheit des Kalkes die Desmidiaceenvegetation begünstigt, muss ich mit *Tanner* [1]) bestreiten". Es ist schon früher darauf hingewiesen worden (Lochsee, p. 68), und die vorliegenden Untersuchungen zeigen es in noch viel höherem Masse, dass eine grössere Anzahl von Desmidiaceen, besonders aus den Gattungen Closterium und Cosmarium, durchaus unempfindlich ist gegen hartes Wasser, ja in den Torfmooren überhaupt nicht vorkommt. Diese Arten unseres Gebietes sind bei der Weiher- und Grabenflora genannt. Besonders die Gattung Closterium ist im Gebiet im Kalkwasser in grösserer Arten- und Individuenzahl vertreten als in den Mooren. Als auffälligstes Beispiel sei Closterium Ehrenbergii genannt, das in einem der kalkreichsten Brunnen des Gebietes (Nr. 1, p. 70) jahrelang in üppiger Entwicklung beobachtet wurde. Auch aus den Standortsangaben von *West* (116) lässt sich entnehmen, dass die meisten der von uns als unempfindlich befundenen Arten auch in England nicht in den Sphagneta vorkommen oder doch nicht ausschliesslich an dieselben gebunden sind. Auch unter diesen weniger kalkfeindlichen Desmidiaceen ist wieder deutlich eine Abstufung zu erkennen: Eine ganze Anzahl zieht die weicheren Wässer der Weiher und Tüchelrosen vor. Für die Grosszahl der Desmidiaceen aber, die eigentlichen Hochmoorarten, liegen Versuche zur Genüge vor, die die Giftwirkung des Kalkes zeigen. Bei den Grünalgen lassen sich ähnliche Unterschiede beobachten. Reiht man die wichtigsten Standorte des Gebietes so aneinander, dass die Artenliste der folgenden immer zu einem Teil mit derjenigen der vorangehenden sich deckt, so erhält man die Reihe: Bäche (und Brunnen), Stauweiher, Feuerweiher, Tüchelrosen, Flachmoortümpel, Hochmoortümpel. Gleichzeitig nimmt die Artenzahl der Desmidiaceen und Grünalgen (letztere bis zu den Tüchelrosen) ständig zu. Die gleiche Reihenfolge der Standorte ergibt sich bei Anordnung der Gewässer nach fallender Härte. Wenn noch ein Zweifel über diese eingreifende Wirkung des Kalkgehaltes herrschen sollte, so sei auf Gebiete hingewiesen, wo, wie z. B. im Badischen (83 u. 93), Urgestein und Kalkunterlage auffällige Verschiedenheiten der Algenflora zur Folge haben. Die beiden Ausnahmen in unserer Versuchsreihe (Nr. 10 u. 11) bestätigen die Regel. Beide Weiher sind von ziemlich starken Zuflüssen gespeist und

[1]) *Tanner-Füllemann* (108).

führen meist trübes Wasser. Neben der kalkliebenden Cladophora glomerata treten die übrigen Grünalgen hier ganz zurück, von Desmidiaceen sind nur unempfindliche Arten nachzuweisen, wie z. B. Closterium acerosum. Dagegen enthalten beide Wasserbecken eine ziemliche Anzahl guter Kieselalgen.

Eine grosse Zahl von Diatomeen sind in dieser Hinsicht wenig wählerisch. *Meister* behauptet schlankweg: „Sie sind nicht wählerisch in Bezug auf den mineralischen Gehalt des Wassers, noch in Bezug auf Temperatur", und in den „Kieselalgen der Schweiz" sind nur wenige Angaben über die Art des Untergrundes zu finden, als kalkscheu werden — und dies wohl mit Recht — einige Formen aus der Gattung Eunotia angesprochen. Auch in vielen andern Algenverzeichnissen fehlen solche Angaben. Es scheint mir aber, dass diese Verhältnisse noch sehr der Klärung bedürfen. Meine Beobachtungen am Lochsee wie im Appenzellerland zeigen deutlich, dass eine Reihe von Kieselalgen in dieser Beziehung ganz einseitig angepasst sind, ich erwähne hier blos Stenopterobia intermedia, Frustulia saxonica und Navicula subtilissima. Die Beobachtungen von *Steinecke* bestätigen die unsrigen aufs beste.

Die weiteren der im Gebiete ausschliesslich mineralarme Gewässer bewohnenden Arten sind auf p. 96 erwähnt. Eine andere, grössere Zahl von Arten wird durch den Mineralgehalt des Wassers mindestens mitbeeinflusst. Einzelne Vorkommnisse sagen bei solchen nicht streng angepassten Arten nichts, nur die Gesamtheit der Angaben gibt ein richtiges Bild. Auch die Kenntnis der Mengenverhältnisse, der Stetigkeit und Gesellschaftstreue ist hiezu nötig.

Für die Regensburger Gewässer stellt z. B. *Mayer* (70) fest: „Wenn auch die Diatomeenflora im allgemeinen in den Gewässern auf verschiedener Bodenunterlage keine wesentlichen Unterschiede aufweist, so konnte doch konstatiert werden, dass manche Arten auf ganz bestimmte Gebiete beschränkt sind." Ein Einfluss dieser Unterlage erscheint mir auch dort recht wahrscheinlich. Von den Arten aus der schwarzen Laaber, die in ihrem ganzen Lauf den Jura durchfliesst, kommen 80% auch bei uns vor. Der Regen durchfliesst fast ausschliesslich Urgebirge. Von den 56 Arten dieses Gebietes sind 9 bei uns ausschliesslich Moorformen und 18 sind in unserem Gebiet nicht nachgewiesen.

Der enge Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Gewässer an gelöster organischer Substanz und dem Vegetationsreichtum ist vielfach nachgewiesen worden. Besonders werden Massenentwicklungen planktonischer Blau- und Grünalgen auf Grund zahlreicher Beobachtungen auf die Zunahme an organischer Substanz zurückgeführt. Das mächtige Wachstum der Grünalgen und Desmidiaceen in Wh. und Tfst. während längerer Trockenperioden hat vielleicht dieselbe Ursache. Die in Uebereinstimmung mit *Rabanus* (83) beobachtete Erscheinung, dass solche Massenentwicklungen der Ufergrünalgen im allgemeinen um so eher und um so auffälliger auftreten, je kleiner und seichter das Gewässer ist, könnte in gleichem Sinne erklärt werden. Doch ändern sich gleichzeitig auch andere äussere Bedingungen, und wir sind noch nicht im klaren,

welches Zusammentreffen dieser Faktoren das Anschwellen verursacht. In gleicher Weise bleibt für viele Hochmoorformen noch festzustellen, inwieweit die Mineralarmut oder der Gehalt an besonderen organischen Verbindungen lebensbedingende Faktoren sind.

Die scharfe Abgrenzung zwischen Bach- und Brunnenflora einerseits und der Algenvegetation stagnierender Gewässer andrerseits lässt eine grosse Bedeutung des Sauerstoffgehaltes vermuten. Auch hier ist aber die stärkere Durchlüftung nicht die einzige Folgeerscheinung der Wasserbewegung. Die besondere Reinheit unserer fliessenden Gewässer fällt für die Hauptformen ihrer Besiedler nicht in Betracht, da z. B. Diatoma vulgare und Synedra ulna auch in ziemlich verschmutzten Gewässern häufig sind. Bei solchen organisch verunreinigten Wässern wiederum ist durchaus nicht klargestellt, ob Sauerstoffmangel oder andere chemische Einflüsse die Besonderheiten der Vegetation — die Tierwelt eingeschlossen — bedingen. Wie gering unser Einblick in diese oekologischen Zusammenhänge noch ist, wurde schon oben (p. 75) hervorgehoben.

Was das Saprobiensystem von *Kolkwitz* u. *Marsson* (60) anbelangt, so sei immerhin erwähnt, dass die Algen nach meinen Beobachtungen für die provisorische Beurteilung des Verschmutzungsgrades praktisch verwertbar sind. Voraussetzung ist aber, dass nicht auf einzelne Arten, sondern auf ganze Gesellschaften abgestellt wird und dass man nicht zu feine Unterschiede herauskonstruieren will. Dies kann nur zu Selbsttäuschungen führen.

Leider konnten in diese oekologischen Zusammenhänge auch die vorliegenden Untersuchungen nicht die gewünschte Klarheit bringen. Es werden hiezu noch sehr viele Kulturversuche — im Laboratorium und im Freien — sowie vergleichende Studien der natürlichen Vorkommnisse nötig sein.

Vergleiche mit anderen Florengebieten.

Im folgenden seien noch einige Vergleiche unseres Florengebietes mit anderen gezogen, die z. T. als Bestätigung des Gesagten dienen mögen, z. T. aber noch der Erklärung bedürfen. Dabei seien besonders jene Eigentümlichkeiten oder Uebereinstimmungen berücksichtigt, die sich auf gesellschaftsstete oder häufig vorkommende Arten beziehen.

Die nur einige km vom Ostrand unseres Gebietes entfernte Lochseegegend liegt bedeutend tiefer, in der Rheinebene, auf ca. 400 m ü. M. Gerade in den verbreitetsten und häufigsten Formen zeigen sich auffällige Unterschiede. Spirulina Jenneri, Synedra capitata, Eunotia arcus, Navicula oblonga, Gomphonema intricatum und Cymbella maculata sind am Lochsee und den Gräben der Umgebung in allen Proben und oft in ungeheurer Zahl vorhanden, im Vergleich zum benachbarten Appenzellerland könnte man sie als Leitformen der Lochseegegend bezeichnen. In unserem Gebiet liessen sie sich entweder nur vereinzelt oder gar nicht nachweisen! Tabellaria flocculosa ist in unserem Gebiet merkwürdigerweise ausschliesslich Mooralge, während sie am Lochsee und in der Schweiz auch in Seen und Teichen in ungeheurer Menge erscheint. In

den Sudeten (49) ist sie eine der gemeinsten Arten und „fehlt fast in keiner Probe".[1]) Die am Lochsee ebenfalls häufige Tabellaria fenestrata fehlt bei uns gänzlich.

In beiden Gebieten, Lochsee und Appenzellerland, fehlen zwei anderswo gemeine Arten ganz oder treten nur spärlich auf: Fragilaria virescens (ganz durch Fr. capucina vertreten) und Melosira varians. Die gleiche Beobachtung macht *Motschi* (74) in der Freiburger Gegend. Ueberhaupt zeigt jene Diatomeenflora grosse Aehnlichkeit mit derjenigen unseres Gebietes. Die geographischen Grundlagen sind z. T. ähnliche: Molassehügel, durchzogen von scharf eingeschnittenen Bachbetten. Der grössere Artenreichtum entfällt besonders auf die grossen Wasseransammlungen jenes Gebietes. Auffällig ist dort das häufige Auftreten von Nitzschia sigmoidea,[2]) die bei uns fehlt.

Die Kiesel- und Grünalgenflora des Bodensees (*Kirchner,* 57) zeigt manche Aehnlichkeit mit derjenigen unserer Weiher. Wieder sind es besonders Fragilaria virescens und Gomphonema intricatum, die bei uns fehlen. Nach meinen Beobachtungen sind dort vom Herbst bis im Frühling Diatoma vulgare var. Ehrenbergii und die bei uns fehlende var. grandis[3]) Hauptkonstituenten der Uferflora.

Auf die Sudeten, deren Bacillarienflora durch *Hustedt* (l. c.) eine gründliche Bearbeitung erfahren hat, ist schon mehrfach hingewiesen worden. Auch hier handelt es sich um ein bergiges Gelände, dessen Unterlage aber vorzugsweise aus Silikatgestein besteht. Dies und die weniger intensive Bewirtschaftung vermögen wenigstens teilweise den grösseren Artenreichtum und wohl auch gewisse Verschiedenheiten in der Florula zu erklären. Im Gegensatz zu jener sind in der unsrigen gemein und häufig: Denticula frigida, Cocconeis Pediculus, Amphipleura pellucida, Navicula cincta, Cymbella affinis und prostrata, Nitzschia vermicularis und acicularis, in den Mooren auch Navicula subtilissima. Das Häufigkeitsverhältnis von Cymbella lanceolata und gastroides ist in den beiden Gebieten umgekehrt, in den Sudeten ist die letztere die gemeinere Art. Hier wie dort sind Microneis minutissima, Cymbella ventricosa und Navicula radiosa die allergemeinsten Arten.

Die Hauptvertreter der Bachflora, Diatoma vulgare und seine var., und D. elong.-tenue sind von zahlreichen Standorten verschiedener Erdteile als konstante, gesellschaftsholde oder -treue und dominierende Formen der Bäche und Flüsse bekannt. Während ihres massenhaften Auftretens an den Ufern sind sie natürlich auch tychoplanktonisch nachzuweisen, die Kettenbildung erleichtert das Schweben. In der Schweiz ist z. B. die Limmat ein ausgesprochenes Diatomagewässer (*Limanowska,* 69). D. vulgare und var. Ehrenbergii bilden dort Maxima vom November bis im April. In der Elbe bei Dresden erreicht nach *Schorler* D. vulgare im Oktober,

---

[1]) Diese Vorkommnisse scheinen dafür zu sprechen, dass die Art als „Weichwasserform" anzusehen ist.

[2]) Eine Verwechslung mit N. vermicularis wäre möglich, in der Umgebung von Bern fand ich bisher auch nur diese letztere Art.

[3]) V. *Kirchner* wohl unter D. vulgare erwähnt.

im Flusse Orba in Italien nach *Morteo* im Januar ihr Maximum (zit. nach 69). Die Limmat zeigt, trotz ihrer grösseren Verschmutzung, noch andere Uebereinstimmungen mit dem Goldachgebiet: Cladophora glomerata ist ebenfalls die gemeinste Grünalge und ist zur Zeit des Diatomeenmaximums ganz mit Cocconeis Pediculus überzogen, an zweiter Stelle steht Ulothrix zonata. Meridion circulare ist auch in der Limmat Frühlingspflanze.

In der Aare oberhalb Bern fehlen nach meinen Beobachtungen Cladophora glomerata und Diatoma vulgare fast ganz. An die Stelle der letzteren tritt die bei uns fehlende und in der Limmat seltene Ceratoneis arcus.

Ueberraschende Aehnlichkeit zeigt nach *Kaisers* Schilderungen (53, I.) die Flora der Traun mit derjenigen der Goldach im Herbst 1911: „Diatoma vulgare mit seinen Varietäten kommt zeitweise, besonders bei niederem Wasserstand im Spätherbst (z. B. 18. XI. 1911) in der Traun so massenhaft vor, dass das Wasser dieses Flusses braungrün, fast braun erscheint.“ An Abarten werden aufgeführt capitulum, Ehrenbergii und grandis. Die letztere fehlt bei uns, dagegen ist die bei uns häufige D. elong.-tenuis für die Traun nicht verzeichnet. Auch zeitlich stimmt diese Massenansammlung mit der in der Goldach, als Folge des warmen Sommers 1911, beobachteten überein. Auch Cladophora glomerata, Cocconeis Pediculus und Hydrurus foetidus gehören zur Flora dieses Gewässers.

Von den Bächen der Freiburger Gegend steht die Glâne in ihrer Diatomeenflora der Goldach am nächsten, doch sind leider aus *Motschis* Listen (l. c.) die Mengenverhältnisse, sowie die var. von Diatoma vulgare nicht zu ersehen. Diese letztere Unterscheidung ist wünschbar, da unsere Beobachtungen etwelche oekologische Verschiedenheiten der Formen dieser Art vermuten lassen, es sei z. B. an das Auftreten von var. grandis an den Ufern des Bodensees und des Zürichsees (*Nipkow,* 77 a) erinnert.

Besonders lehrreich ist ein Vergleich mit der Algenflora von Baden (*Rabanus* l. c.). Leider sind in dieser Arbeit nur die Joch- und Grünalgen berücksichtigt. Das Kalkgebiet des Kaiserstuhls zeigt in Zusammensetzung und Artenarmut seiner Florula grosse Uebereinstimmung mit dem unsrigen. Immerhin scheint unsere Algenvegetation doch erheblich reichhaltiger zu sein. Wie bei uns finden sich auch in den Bächen jenes Gebietes besonders die kalkliebende Cladophora glomerata, Spirogyra, Mougeotia, Oedogonium, Ulothrix, Stigeoclonium, Batrachospermum, in Weihern ebenfalls Cladophora, mit Aphanochaete und Cocconeis Pediculus besetzt, Zygnemaceen, Oedogonium, Bulbochaete, Closterium aciculare und moniliferum, Coelastrum proboscideum, Scenedesmus obtusus und quadricauda, Pediastrum Boryanum, Oocystis, Botryococcus Braunii. In den Brunnen sind es wiederum die für die Bäche genannten Fadenalgen und von Desmidiaceen Closterium Ehrenbergii, Leibleinii, moniliferum, acerosum, Cosmarium botrytris und Staurastrum punctulatum. Ein auffälliger Unterschied ist hier durch das häufige Vorkommen von Mischococcus confervicola gegeben, der unserem Gebiete fehlt. Hier könnte wohl an eine geographisch, nicht oekologisch bedingte Besonderheit gedacht werden, an eine andere Fazies der Bestände harter Brunnen-

wässer. Haematococcus pluvialis ist, wie bei uns, im ganzen Gebiet selten. Ungleich reichhaltiger und wesentlich anders zusammengesetzt ist dagegen die Algenvegetation der weichen Wässer des Schwarzwaldes.

Von Torfmooren, die auf ihre Algenflora untersucht wurden, liegen unserem Gebiet am nächsten diejenigen der Lochseen (61) und zwei im Kanton Thurgau gelegene Moore, das Heldswiler- und das Hudelmoos (*Ducellier,* 28 II.). Besonders auffallende Aehnlichkeiten waren nicht festzustellen. Gegenüber der Lochseeflora fallen dagegen erhebliche Unterschiede auf, es sei nur an den Reichtum jenes Gebietes an Closterium-Arten erinnert. Diese Unterschiede sind wohl in der Hauptsache darauf zurückzuführen, dass im Lochseegebiet nur Flachmoore vorkommen. Die Schwarzwaldmoore (*Rabanus*, l. c.) zeigen manche Uebereinstimmung. Die dom. Arten des Hochmoors sind z. T. dieselben: Cylindrocystis Brébissonii, Tetmemorus granulatus, Netrium digitus und oblongum, während bei uns Eremosphaera viridis und Staurastrum muricatum nur in einzelnen Fällen dominierten. In der Liste der Arten mit geringerem Deckungsgrad sind die Unterschiede auffälliger. Conferva bombycina scheint dort nicht jene Rolle zu spielen wie bei uns.

Weniger Parallelen lassen sich nachweisen zur Florula des Zehlaubruches (*Steinecke,* 106 a). Von solchen seien genannt: das häufige Auftreten von Navicula subtilissima, Frustulia saxonica und von Arten aus der Gattung Eunotia. (In Eu. paludosa var. turfacea *Steinecke* vermute ich Eu. exigua). Auffällig sind die Unterschiede in der Liste der Hochmoorcharakterformen: Holacanthum antilopaeum, Cosmarium moniliforme var. pulcherrimum, Cosm. tenue var. strusoviensis, Calothrix Weberi fehlen bei uns, während Arthrodesmus incus var. isthmosa und Staurastra wie spongiosum, teliferum, Simonyi, brachiatum und O'Mearii für jenes Gebiet nicht verzeichnet sind. Eine bisher wenig genannte Form, Spondylosium pulchellum var. bambusinoides ist beiderorts zu finden.

Zu eingehenderen Vergleichen der Artenlisten dieser Moorgesellschaften reichen m. E. die bisherigen Untersuchungen nicht aus. Jede derartige Arbeit zeigt aufs neue die ganz allgemeine Verbreitung der Grosszahl der Arten. Erst wenn sämtliche Moore eines grösseren Gebietes vollständig durchsucht sind, werden gewisse Verbreitungseigentümlichkeiten einzelner Arten festzustellen sein. Es ist dies eine Hauptaufgabe solcher lokalfloristischer Untersuchungen, die unentbehrlichen Grundlagen zu liefern für zusammenfassende geobotanische Arbeiten.

Da der Torf die Lebensräume der Algen in den Hochmooren vollständig von der Gesteinsunterlage isoliert, ist bisher kaum ein durchgreifender Unterschied in den Algengesellschaften von Hochmooren mit verschiedener mineralischer Unterlage festgestellt worden. Solche Unterschiede sind immerhin möglich, aber nicht oekologisch, sondern migratorisch bedingt: Bei sonst ähnlichen Verhältnissen sind die Einwanderungsmöglichkeiten für kalkmeidende Arten in Gegenden mit Urgesteinsunterlage grössere.