Zeitschrift: Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz = Matériaux pour la flore cryptogamique suisse = Contributi per lo studio della flora crittogama svizzera

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 9 (1939)

Heft: 3

Artikel: Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Mittelland

Autor: Jaag, Otto

Kapitel: Die Erstbesiedelung des Gesteins

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-821074

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: 20.08.2025

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

ten, nämlich aus der Schweiz, aus Deutschland, Italien, Frankreich, Finnland, Lappland, Norwegen und Nordamerika stammen, sind sie geeignet, zum Beweise der Allgemeingültigkeit der von uns entwickelten Auffassungen, insbesondere hinsichtlich der Pigmentierung, Weite und Schichtung der Gallerthüllen und -scheiden, herangezogen zu werden.

Noch wichtiger aber ist die Tatsache, daß die betreffenden Algen im Innern des Hyphengeflechtes des Flechtenpilzes diese Abhängigkeit voll und ganz und in derselben Weise zum Ausdruck bringen wie im pilzfreien Zustande. So zeigt ja *Gloeocapsa sanguinea* in einer auf Kalksubstrat gewachsenen Flechte violette, in einem auf saurem Gestein (Granit usw.) zur Entwicklung gelangten Flechtenkörper dagegen rote Hüllenfärbung. Am Außenrande der Gonidienzone ist die Pigmentierung stärker als in der lichtärmeren inneren Schicht des Lagers, und gleichzeitig zeigt sich die Hüllenschichtung um so deutlicher, je intensiver die Pigmentierung, je größer also der Lichtgenuß der betreffenden Flechte ist.

Diesen in der Natur jederzeit nachprüfbaren Tatsachen kommt für unsere Auffassung von der Abhängigkeit in Färbung und Schichtung der Gallerthüllen von den Umweltbedingungen die Beweiskraft einer großangelegten experimentellen Untersuchung in vitro zu.

7. Kapitel

Die Erstbesiedelung des Gesteins

Nur autotrophe Pflanzen sind imstande, sich auf der Oberfläche des nackten, kahlen Gesteins dauernd anzusiedeln, und unter ihnen kommen nur die niedern Kryptogamen, insbesondere die Algen und Flechten in Frage. Die Moose, Farne und Blütenpflanzen, deren Rhizoiden und Wurzeln in dem das Gestein bedeckenden oder Vertiefungen, Spalten und Risse anfüllenden anorganischen und organischen Detritus verankert sind, gehören nicht zu den Besiedlern des nackten Gesteins. Solange nicht einwandfrei nachgewiesen ist, daß es Bakterien gibt, die aus dem anorganischen Substrat des Gesteins und den Gasen der Luft ihren Lebensunterhalt zu bestreiten vermögen, scheiden, wie wir im vorigen Kapitel sahen, auch die Schizomyzeten aus der Kategorie der echten Lithophyten (Lithobionten) aus. Trotzdem können sie Erstbesiedler sein, nämlich dann, wenn sie Flugstaub und organischen Detritus, die sich in Vertiefungen des Gesteins ansammeln, als Nahrung auszunützen imstande sind.

Welcher Art ist die Erstlingsvegetation einer Gesteinsoberfläche? Algen und Flechten sind nicht auf die Hilfe irgendwelcher anderer Organismen angewiesen, um sich dort anzusiedeln. Dank ihrer Assimilationsfarbstoffe sind sie ja befähigt, von Anfang an sich ihre Nährstoffe selbst aufzubauen. Den Algen ist überdies jede Beschaffenheit der Oberfläche des Substrats gut genug, denn bei den Formen, die dabei in Frage kommen, ist die Klebkraft ihrer Hüllen und Wände genügend, um die Zellen auf der Unterlage zu fixieren. Endolithische Flechten sind befähigt, ohne die Hilfe anderer Organismen die Gesteinsoberfläche zu korrodieren und ihren Thallus ins Innere des Substrates zu verlegen. Die epilithischen Flechten dagegen bedürfen in den meisten Fällen zur Verankerung ihrer Rhizoiden kleiner, feiner Vertiefungen der Unterlage; auch sind sie offenbar auf die (wenn auch äußerst geringen) Wasserreserven in solchen Vertiefungen und Feinspalten angewiesen.

In den vorausgehenden Kapiteln, in denen die Algenvegetation vieler Standorte im Gebirge und in der Ebene beschrieben wurde, haben wir gesehen, daß Algen von einer Gesteinsoberfläche, die der freien Atmosphäre ausgesetzt wird, verhältnismäßig rasch Besitz ergreifen. Eine Granitwand im Rückzugsgebiet des Morteratschgletschers zeigte zirka sechzig Jahre, nachdem sie vom abschmelzenden Eise befreit worden war, schon dunkle, scharfbegrenzte Tintenstriche, also einen dichten, geschlossenen Bestand von Blaualgen, dessen Zusammensetzung von derjenigen eines jahrhundertealten Tintenstrichs kaum verschieden ist. Ähnliche Verhältnisse beobachteten wir an den im Jahre 1908 durch Sprengung freigelegten Granitflächen längs der Linie der Bergbahn Martigny—Le Châtelard im Wallis. Eine solche Vegetation wird sich im Laufe mehrerer Jahrhunderte nur noch unwesentlich verändern, sofern die Umweltbedingungen während dieser Zeitspanne unverändert erhalten bleiben. Aber auch junge Gesteinsflächen, das heißt solche, die erst seit einer geringen Zahl von Jahren der Besiedelung offen standen, zeigen unter geeigneten klimatischen Verhältnissen schon reichen Algenwuchs, wie dies aus den Untersuchungen an Denkmälern im Waldfriedhof Schaffhausen und auf vielen andern Friedhöfen mit aller Deutlichkeit hervorgeht. Dort hatten sich auf Grabsteinen, die seit fünf, vier, drei oder sogar nur zwei Jahren im Freien ausgesetzt waren, bereits deutliche tintenstrichähnliche Algenstreifen gebildet.

Auf den genannten Felsflächen sind also die Blaualgen zweifellos die ersten Besiedler. Standorte auf dem Gestein, die unter anderen ökologischen Verhältnissen stehen, die zum Beispiel der direkten Besonnung entzogen sind, dennoch aber über genügende Benetzung durch Regen, Tau usw. verfügen, besiedeln sich, je nach den Bedingungen des Mikroklimas, wiederum verschieden rasch mit Grünalgen: *Proto-*

coccus, Coccomyxa, Cystococcus, Hormidium, Stichococcus, Chlorococcum usw. Solche Anflüge können auf der nicht allzu glatten Oberfläche von Sand und Kunststein, längs der Abflußbahnen des Rieselwassers oder außerhalb derselben, schon nach zwei Jahren von weither sichtbare grüne Algenstreifen hervorbringen. Auf der harten, spiegelglatt geschliffenen Oberfläche von Diabasen und anderen kristallinen Gesteinen geht die Besiedelung langsamer vor sich. Aber auch sie werden schließlich in einen Mantel von Grünalgen eingehüllt sein, und zwar lange bevor irgendeine andere Vegetation auf dem Gestein sichtbar wird. Gewiß ließen sich auf solchen Gesteinsflächen vom ersten Tage an auch Bakterien nachweisen. Wir können uns aber nicht denken, daß sie dort (auch mit Hinsicht auf eine eventuelle Veränderung des Substrates) irgendeine nennenswerte Bedeutung erlangen könnten, namentlich so lange als nicht Grünalgen ihnen das Dasein ermöglichen. Auch in diesem Falle sind es also Algen, welche als erste die Gesteinsoberfläche bedecken. Und sie werden ihren Standort so lange behaupten, als die Umweltbedingungen unverändert bleiben.

Ob auf der nackten Gesteinsfläche eine Vegetation von hauptsächlich Cyanophyceen oder hauptsächlich Chlorophyceen zur Entwicklung gelange, darüber entscheiden die ökologischen Verhältnisse, insbesondere der Grad der Besonnung.

Eine dritte Art von Standorten wird nicht von Algen, sondern von Flechten besiedelt. Das sind diejenigen Gesteinsflächen, die nur von Niederschlägen benetzt werden und die gleichzeitig verhältnismäßig starker Belichtung ausgesetzt sind. An solchen Stellen werden Algen nur in ausgesprochen niederschlagsreichen Gebieten (Tessin usw.) zu nennenswerter Entfaltung gelangen. In Gegenden mit mittleren oder geringen Niederschlagsmengen werden sie neben den Flechten keine große Rolle spielen. Vom ersten Tage an, da eine solche Fläche unter den genannten klimatischen Verhältnissen frei an der Luft steht, setzen sich Flechtenkeime auf ihr fest, und wenn sie in kleinsten Vertiefungen der Oberfläche günstige Ankerplätze vorfinden, so liefern sie unter günstigen Verhältnissen schon im Laufe von zehn bis zwanzig Jahren eine üppige Flechtengesellschaft. In unsern Breiten vollzieht sich das Wachstum der Flechten langsamer als dasjenige der Algen. Darum nimmt die Besiedelung einer Fläche durch Flechten mehr Zeit in Anspruch als diejenige durch Algen. Aber auch die Flechten im einen Fall, wie auch die Algen im andern stellen die erste Vegetation ihres Standortes dar.

Welche Bedeutung kommt nun der Bakterienflora des Gesteins zu? Spaltpilze können wohl an jeder, der freien Atmosphäre ausgesetzten Stelle der Erdoberfläche nachgewiesen werden, sofern sie nicht durch lebensfeindliche lokale Verhältnisse, wie Giftstoffe, sehr hohe Temperatur

und dergleichen abgetötet werden. Damit ist aber noch keineswegs gesagt, daß den Bakterien überall, wo sie nachgewiesen werden können, auch irgendwelche nennenswerte Bedeutung für ihr Substrat zukommt. Sie können durch den Wind oder durch andere Transportmittel an Orte der Erdoberfläche getragen werden, wo sie sich zwar eine Zeitlang am Leben zu erhalten vermögen, ohne aber die Fähigkeit zu haben, vom Substrat wirklich Besitz zu ergreifen. Sie befinden sich also an Stellen, wo sie eigentlich nicht hingehören. Befinden sich auf einer solchen Unterlage zufällig organische Stoffe, die den Bakterien als Nahrung dienen können, so werden diese so lange ihr Auskommen finden, bis die Nährstoffe aufgezehrt sind. Aber dann schließt sich auch die vorübergehende Gaststätte für sie wieder.

Wird in der Natur auf irgendeine Weise eine Felsfläche neu freigelegt, so ist sie nie vollkommen glatt. Sie ist mehr oder weniger grobkörnig, aufgelöst in Erhebungen und Vertiefungen und erscheint unter genügend starker Vergrößerung reich gegliedert in Berg und Tal. Vom ersten Tage an wird sich darum in den Vertiefungen Flugstaub festsetzen, feinstes vom Winde zugewehtes und vom Rieselwasser angeschwemmtes Material, und je kleiner die Partikel sind, um so leichter werden sie an der Gesteinsoberfläche haften bleiben. Sie werden schließlich den Fels mit einer dünnen Schicht überziehen, ohne daß die fremde Herkunft dieses Anfluges von bloßem Auge zu erkennen wäre.

Dem mineralischen Material des Flugstaubes sind auch organische Stoffe, Humuspartikel, Pflanzenreste, Tierexkremente usw. beigemischt. Sie sind für die anfliegenden Bakterien ein Nährboden, und erst dadurch wird die Gesteinsoberfläche für bestimmte Gruppen unter den Spaltpilzen bewohnbar. Diese organischen Beimischungen sind aber ortsfremder Herkunft und gehören nicht zum eigentlichen Lebensraum des nackten Gesteins. Die Bakterien, die ihnen den Lebensunterhalt verdanken, sind darum, wie wir im vorangehenden Kapitel sahen, « Flugstaub- » oder « Detrituspflanzen », also Chomophyten, nicht Lithophyten im Sinne Oettlis.

Wenn die Mitteilung von A. Münz zutrifft, daß sich « in den verschiedensten Gesteinen der Hochgebirgsregion ganz regelmäßig nitrifizierende Bakterien selbst in dem nackten Felsen noch metertief in den Spalten und in dem mürben angrenzenden Gestein befinden, so muß doch wohl angenommen werden, daß die Ausgangsstoffe, die von diesen Bakterien oxydiert werden, zur Hauptsache aus dem organischen Gehalt des Flugstaubes stammen; die betreffenden nitrifizierenden Bakterien gehören also ebenfalls zur biologischen Gruppe der Detrituspflanzen.

Da sich die Flechten im allgemeinen nur an nicht allzu glatten Gesteinsoberflächen anzusiedeln vermögen, muß die Frage geprüft wer-

den, wie weit die Korrosionswirkung durch Bakterien die Vorbedingungen für die Flechtenansiedelung schafft. Düggeli und Blöchliger haben auf die in dieser Richtung verlaufende Gesteinszersetzung gewiß mit Recht nachdrücklich hingewiesen. Solche Zersetzungsprozesse gehen aber außerordentlich langsam vor sich. Die genannten Autoren setzen darum in der Beurteilung der Bedeutung des Gesteinsabbaus als Hauptfaktor die lange Zeitdauer, die den Bakterien zur Gesteinszerstörung zur Verfügung steht, in die Rechnung ein. Die Frage erscheint uns deshalb angebracht, ob nicht die Zersetzung und Aufrauhung einer Gesteinsoberfläche an den meisten Orten, namentlich im Gebirge, zeitlich bei weitem überholt werde durch zahlreiche andere natürliche Vorgänge, die zum gleichen Ziele führen. Die oberflächliche Abschuppung durch periodische Temperaturunterschiede an der Gesteinsoberfläche, Eisbildung und chemische Auflösung durch CO_2-haltiges Riesel- und Sickerwasser, sodann Steinschlag, Rutschung usw. sind nach unserer Auffassung Kräfte, die den Flechten die Ansiedlung auf der Felswand vielerorts weit wirksamer vorbereiten, als die Bakterien dies zu tun imstande sind. In Böden dagegen, wo die Gesteinstrümmer und -splitter liegen bleiben, von Humus und dergleichen zugedeckt werden und wo die durch die Bakterien verursachten chemischen Umsetzungen gewiß weit intensiver und mannigfaltiger sind, dürfte die Abbautätigkeit der Bakterien ungleich bedeutendere Wirkung zeitigen als an der Felswand.

Wenn nun manche Autoren (Francé, Falger u. a.) die Bakterien als die Wegbereiter, also als die Pioniere, « die den Algen und Flechten das Keimbeet bereiten », ansprechen, so heißt dies, nach unserer Auffassung, die tatsächlichen Verhältnisse auf den Kopf stellen. Algen bedürfen zur Besiedelung des Gesteins der Bakterien nicht. Den Blaualgen genügt irgendein Standort, der nach nicht zu langen Unterbrüchen periodisch benetzt wird. Die Grünalgen beanspruchen außer genügender Feuchtigkeit noch des Schutzes vor direkter Sonnenbestrahlung. Aber ob Bakterien den Standort vorbereitet haben oder nicht, davon sind die Algen unabhängig. Umgekehrt aber bieten sie dem Heer der heterotrophen Bakterien durch ihre absterbenden Zellkörper und die daraus entstehenden Abbauprodukte einen reich gedeckten Tisch. So sind nicht die Bakterien die Pioniere der Algen, sondern umgekehrt sind es die Algen, die den Bakterien große Flächen nackten Gesteins bewohnbar machen. Aber auch die Flechten bedürfen in der großen Mehrzahl der Fälle der Bakterien nicht. Meist sind schon auf frisch freigelegten Felsoberflächen Klüfte, Spalten, Risse und Ritzen in großer Zahl vorhanden, die den Flechten die Ansiedelung ermöglichen. Sind sie aber zunächst noch nicht vorhanden, so werden sie unter der Einwirkung der

mechanischen und chemischen Erosion schneller entstehen als durch die Bakterientätigkeit unter den an der natürlichen Felswand vorhandenen Lebensbedingungen. Wir haben ja weiter oben gesehen, daß der Abfluß des Regenwassers schon im Laufe weniger (5—10) Jahre genügen kann, um einen Sandsteinblock mit glatt bearbeiteter Oberfläche bis in die Tiefe einiger Zentimeter zu zermürben, so daß infolge dieser raschen Gesteinsverwitterung weder Algen noch Flechten genügend Zeit finden, sich anzusiedeln. Etwas langsamer geht die Gesteinszerstörung durch Flechten vor sich. Aber auch ihnen können 3—5 Jahrzehnte genügen, um die Oberfläche eines Sandsteins bis in die Tiefe von 1 cm auszuhöhlen. Eine ähnliche, durch Bakterien verursachte Wirkung ist uns bisher nicht bekannt geworden.

So können wir, zusammenfassend, feststellen, daß die Verteilung von Algen und Flechten auf dem Gestein nicht auf Grund der Vorbereitung des Keimbeetes durch Bakterien erfolgt, sondern auf Grund der ökologischen Verhältnisse eines Standortes. An dem einen sind Blaualgen die ersten Ansiedler, am andern Ort Grünalgen, an einem dritten sind es Flechten. Wenn z. B. Falger Sukzessionen in der Besiedelung des Gesteins durch diese drei Pflanzengruppen konstruieren will, so entspricht dies nicht den Tatsachen. Algen stellen auf ihrem Wuchsort eine Klimavegetation dar wie auch die Flechten auf dem ihrigen.

8. Kapitel

Die Bedeutung der Felsalgen als Gesteinsbildner

Manche Formenkreise unter den niedern Pflanzen sind dafür bekannt, daß sie das Gestein angreifen, zernagen und seinen Abbau beschleunigen. Andere dagegen gelten als Gesteinsbildner, auf deren Tätigkeit die Geologen biogene Ablagerungen von großer Ausdehnung und Mächtigkeit zurückführen.

Die bekanntesten phytogen entstandenen Kalke gehen zur Hauptsache auf Meeresalgen zurück (Melobesien-, Lithothamnienkalke usw.), und was an derartigen Ablagerungen im Süßwasser gebildet wurde, das entstand im allgemeinen in Prozessen, welche sich unter der Wasseroberfläche abspielen (Seekreide, *Chara*-Tuffe u. dgl.).

Demgegenüber handelt es sich in den Kalkbildungen unserer Felsalgen um Produkte physiologisch-chemischer Vorgänge, welche sich auf der Gesteinsoberfläche an der freien Luft abspielen und die im Gegensatz zu den Unterwasser-Ablagerungen nur deshalb nicht geologische Bedeutung erlangen, weil sie gleichzeitig mit der Abtragung des Gebirges, auf dem sie entstehen, fortwährend rascher oder langsamer zer-