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 Bedeutung der Felsalgen als Gesteinsbildner

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: 15.07.2025

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

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-

stört werden, also nicht erhalten bleiben. Diese Kalkablagerungen sind verschiedener Art, je nach den Organismen, denen sie ihre Entstehung verdanken, nach der Art ihrer Ausbildung und ihrer Mächtigkeit. In ihrer Entstehungsweise aber lassen sie sich stets auf dieselben Ursachen zurückführen: die Ausfällung von schwerlöslichem Kalziumkarbonat, $CaCO_3$, aus leichtlöslichem Kalziumbikarbonat, $Ca(HCO_3)_2$, als Folge des Entzuges von CO_2 durch die assimilierende Pflanze. Die physikalisch-chemischen Vorgänge, die zu dieser Kalkfällung führen, sind ziemlich kompliziert. Sie gehen mit dem Vorgange der chemischen Verwitterung des Gesteins Hand in Hand.

Der Fels wird benetzt durch Regen oder durch Schmelz- und Sickerwasser. Letzteres kann, wenn es an die Felsoberfläche tritt, bereits auf kleinere oder größere Strecken hin Bodenschichten, Schutt u. dgl. durchflossen haben und sowohl anorganische als auch organische Stoffe in verschiedener Menge mitführen. Aber selbst das Regenwasser ist, wenn es auf die Felswand auffällt, keineswegs « rein »; es hatte beim Niederfallen durch die Atmosphäre Gelegenheit, sich mit CO_2 (im Gebiet der Städte und Industriebezirke auch mit NO_2 u. dgl.) aus der Luft zu sättigen und zeigt schon, wenn es die Erde erreicht, Säurecharakter, welcher sich u. a. ausdrückt in seiner Reaktion; diese kann nach Ruttner (1940) pH-Werte von 4—5 erreichen.

Beim Abrieseln über die Felswand, d. h. in der CO_2-reichen, erdnächsten Luftschicht, hat das Wasser Gelegenheit, seinen Kohlensäuregehalt weiterhin anzureichern, ganz besonders dann, wenn es stellenweise bewachsene Erde, CO_2-reichen Humusboden u. dgl. durchfließt. Ein sehr kleiner Teil (0,7 %) des gelösten CO_2 geht mit dem Wasser eine Verbindung ein, wobei die eigentliche Kohlensäure, H_2CO_3, entsteht, die in H^+- und HCO_3^--Ionen schwach dissoziiert ist. Kommt solches leicht saures Wasser mit Kalk in Berührung, so greift es diesen an. Dabei gehen beträchtliche Mengen Kalziumbikarbonat, $Ca(HCO_3)_2$, in Lösung, und zwar in um so größerer Menge, je mehr freie CO_2-Moleküle im Wasser vorhanden sind. Der Bikarbonatgehalt eines Wassers wird also zur Hauptsache durch den Gehalt an CO_2 und den Kalkgehalt des Untergrundes bestimmt.

Tritt nun aus irgendeinem Grunde, z. B. durch Erhöhung der Wassertemperatur oder durch Verminderung des Druckes, freie CO_2 aus dem System aus, so fällt gleichzeitig ein entsprechender Teil des Bikarbonats als Monokarbonat, $CaCO_3$, aus, wodurch sich das Lösungsmittel an freiem CO_2 wieder bereichert. Darum sieht man oft an Austrittsstellen von Quellen und in Quellbächen infolge der Erwärmung des Wassers Kalkniederschläge, die auf einen rein physikalisch-chemischen Prozeß zurückzuführen sind. Diese Kalkbildung ist anderer Art als die biogene

Kalkfällung durch assimilierende Pflanzen. Diese greifen durch ihren Assimilationsprozeß in den Chemismus des Riesel- und Sickerwassers ein, indem sie demselben einen Teil des freien CO_2 entziehen und aus dessen Kohlenstoff ihre C-haltigen Assimilate aufbauen. Mit dieser Verarmung an Gleichgewichtskohlensäure muß nach dem oben Gesagten schwerlösliches Kalziumkarbonat ausfallen. Dieses setzt sich in Kristallform auf den Zellen und Fäden und zwischen diesen nieder und hüllt fortschreitend die assimilierenden Organe in einen mehr oder weniger geschlossenen Kalkpanzer ein. Durch diese Ausfällung wird aber über den Gehalt an Gleichgewichtskohlensäure hinaus noch die Hälfte des im Bikarbonat gebundenen CO_2 für die Kohlensäure-Assimilation der Pflanze verfügbar. Entgegen der früheren Auffassung, wonach die Kalkausfällung durch Wasserpflanzen einzig in der Störung des CO_2-Gleichgewichtes bestehe, hat Ruttner nachgewiesen, daß die eigentlichen Wasserpflanzen darüber hinaus noch Bikarbonat und durch Hydrolyse sogar das $CaCO_3$ spalten und daraus das CO_2 verwenden. Die Folge dieses weitgehenden CO_2-Entzuges zeigt sich in einer starken Alkalinisierung des Wassers.

Kalkfällende Algen

Wahrscheinlich sind alle CO_2 zersetzenden Algen unter geeigneten Bedingungen fähig, aus dem sie umgebenden Ca-Bikarbonat enthaltenden Wasser Kalk abzuscheiden. Eine ziemlich große Anzahl von Arten bringt Kalktuffe von charakteristischer Form und mitunter nennenswerter Mächtigkeit zur Ausbildung. Unter ihnen sind es Cyanophyceen, Chlorophyceen und Konjugatenalgen, die dabei in erster Linie beteiligt sind.

In einer früheren Arbeit (Jaag, 1938) haben wir auf die Tuffelsen hingewiesen, die sich unterhalb der Stadt Stein längs der stärksten Strömung am Grunde des Rheins in andauerndem Wachstum befinden. Sie nehmen ihren Ausgang von Gesteinssplittern, die im Bett des Stromes liegen bleiben. Auf ihnen gelangen Algen und Moose zur Entwicklung, und auf der klebrigen Oberfläche der ersteren oder zwischen Stielen und Blättern der letzteren verfangen sich angeschwemmte Sandkörnchen, die von dem sich dauernd niederschlagenden Kalk eingemauert werden, und so nimmt die Tuffkruste an Mächtigkeit fortwährend zu. Bereits haben die am Grunde des Stromes wachsenden Riffe Ausmaße angenommen, die den Steuermann der Rheinschiffe zwingen, sie in großem Bogen zu umfahren.

Ähnliche Bildungen, nur in kleinerem Ausmaße, dafür aber in um so größerer Flächenausdehnung entdeckte E. Baumann bereits 1905 in den «Schnegglisanden» des Untersees. Es handelt sich dabei um weit

ausgedehnte Bänke mehr oder weniger kugeliger, schotterartiger Gesteine, die durch ihr geringes Gewicht und oft eine zentrale Höhlung seit langem den Seeanwohnern aufgefallen waren. Baumann und Schmidle gelang die Deutung dieser Schnegglisande. Es handelt sich dabei um kleine Kiesel- oder Muschelschalen, auf deren Oberfläche Blaualgen sich festgesetzt und durch fortgesetzte Kalkfällung um den Kern herum eine Kruste von ziemlich dichtem Algentuff zur Entwicklung gebracht haben. Dabei sind nach Baumann und Schmidle die Blaualgen, *Schizothrix* in erster Linie, beteiligt.

Ähnliche Kalkfällung zeigt im Gebiete des Rheins noch eine ganze Reihe von Cyanophyceen, ganz besonders manche Arten aus der Familie der Rivulariaceen, bei denen die gebildeten Kalkkristalle nicht vom Wasser weggeschwemmt werden, sondern wo sie zwischen Fäden und Fadenverzweigungen festgehalten bleiben und sich zu einer kompakten Kruste verkitten. Am ausgiebigsten und darum besonders auffallend ist die Tuffbildung bei *Rivularia haematites,* die verkalkte Lager bis zu Faustgröße auszubilden vermag. Ihre Kalkkruste ist gezont, d. h. es folgen aufeinander in regelmäßigem Wechsel verkalkte und unverkalkte Schichten, konzentrisch angeordnet, entsprechend dem strahligen Bau des Algenlagers. Diese Algen leben auf dem Gestein am Ufer des Stromes und auf den Felsrücken über dem Rheinfall, die im Sommer unter der Flut des Rheins begraben, vom Winter bis zum Frühjahr aber trocken liegen. Es liegt daher nahe, diesen Wechsel zwischen verkalkten und unverkalkten Schichten mit den Benetzungs- und Trockenperioden des Wuchsortes in Zusammenhang zu bringen. Obschon sich im Winter die Flut des Stromes von den Felsrücken über dem Fall zurückgezogen hat, wird der Standort dennoch von Regen und Tau zeitweise benetzt, und die Trichome der Alge strecken und teilen sich auch während dieser zeitweisen Trockenperiode. Da ihnen während dieser Zeit aber kein kalziumbikarbonathaltiges Wasser zur Verfügung steht, ist eine Abscheidung von Kalk auch nicht zu erwarten, während, sobald das Lager im Sommer wieder in das kalkhaltige Wasser des Rheins eingetaucht ist, die Kalkbildung aufs neue einsetzt. Auf diese Weise ließe sich die Schichtung des *Rivularia haematites*-Tuffs durch den jahreszeitlichen Wechsel von Benetzungs- und Trockenperioden erklären.

Nun gibt es im Gebiete des Rheins eine der *Rivularia haematites* verwandte Art, *R. Biasolettiana.* Diese unterscheidet sich von der erstern nur durch die Homogeneität des verkalkten Lagers, also das Fehlen der Schichtung. Sie findet sich am Grunde und am seichten Ufer des Stromes. Ließe sich eindeutig nachweisen, daß ihr Vorkommen auf andauernd vom Strom überflutete Standorte beschränkt ist, so läge die Annahme nahe, daß die Schichtung bzw. Homogeneität des Kalklagers

nicht ein Artmerkmal, sondern eine Abhängigkeit von der Periodizität bzw. Kontinuität der Benetzung darstellt. Doch diese Frage müßte durch exakte Versuche entschieden werden.

Andere Rivularia-Arten, z. B. *R. borealis, R. globiceps* u. a., sind durch das Fehlen von Kalkinkrustationen und dementsprechend ein weiches Lager, dessen Fäden sich leicht voneinander trennen lassen, gekennzeichnet. Ob dieses Merkmal arteigen und nicht einfach auf das Fehlen von Ca-Bikarbonat in dem die Alge benetzenden Wasser zurückzuführen ist, bleibt ebenfalls eine Frage, die noch abgeklärt werden muß. Ein solches Verhalten der Alge würde jedenfalls durchaus übereinstimmen mit den Feststellungen P r á t s (1925), der mehrere kalkfällende Formen aus dem Yellowstone Park und aus der Tschechoslowakei jahrelang kultivierte und beobachtete, daß sie auch ohne Ca-Salze wachsen können, und daß dann natürlich auch die Kalkinkrustation fehlt.

Rivularia-Arten spielen indes an den in der vorliegenden Arbeit berücksichtigten Standorten eine geringe Rolle. *Rivularia haematites* begegneten wir im kalkreichen Wasser eines Quellaustritts und im Bett der Sense bei Schwarzenburg. Die nackte Felswand ist ihnen im allgemeinen wohl zu trocken. Um so reichlicher sind dagegen andere Rivulariaceen-Gattungen, insbesondere *Dichothrix, Calothrix,* spärlicher auch *Sacconema* (von uns als der Entwicklungszustand nasser Standorte einer *Rivularia* aufgefaßt), auf dem Gestein vertreten. *Dichothrix Orsiniana* und *D. gypsophila* sind wiederum Arten, die uns im Gebiet des basischen Gesteins in stark verkalkten, harten, im Gebiet des sauren Gesteins dagegen in völlig unverkalkten, weichen Lagern entgegentreten.

Ausgedehnte Tuffbildungen werden von Scytonemataceen hervorgebracht. In der Spritzzone von Wasserfällen des Alpen- und Voralpengebietes, in Quellbächen und an Sickerwasserstellen, namentlich im Jura und im Molasseland, führt die Kalkfällung durch zahlreiche Vertreter aus den Gattungen *Plectonema, Tolypothrix, Scytonema* (einschließlich *Petalonema*) zu zahlreichen, mitunter viele Kubikmeter mächtigen Kegeln, Pyramiden oder Bänken von Algentuffen. An ihrer Oberfläche wachsen die Algenfäden heran, teilen und strecken sich, assimilieren und begünstigen dadurch die Ausfällung von kohlensaurem Kalk. Von diesem werden die tiefer liegenden Thallusteile zugedeckt und ersticken. In solchen Lagern läßt sich der Einfluß der Belichtungsintensität auf die Scheidenfärbung der Algenfäden deutlich erkennen: diejenigen unter ihnen, die frei in die Luft ragen und dem Sonnenlichte ausgesetzt sind, besitzen intensiv gefärbte, deutlich geschichtete, die dem Lichte entzogenen, teilweise oder völlig in eine Kalkkruste eingebetteten Fadenstücke dagegen farblose und ungeschichtete Gallertscheiden.

Unter den Oscillatoriaceen sind es hauptsächlich Arten aus der Gattung *Schizothrix,* die an der Kalkbildung beteiligt sind. Wir finden sie an ähnlichen Standorten wie die Kalkalgen unter den Scytonemataceen. Weniger umfangreiche Tuffe werden durch bestimmte *Phormidium-* und *Lyngbya*-Arten hervorgebracht. Vielfach ist bei ihnen die Kalkfällung auf die Bildung von locker stehenden Einzelkristallen, die an den Fäden haften bleiben, beschränkt. Wenn sie aber an allen Fäden eines Lagers stattfindet, so kann auch auf diese Weise eine kompakte Kalkkruste und damit ein Algentuff entstehen. Manche Arten scheinen mit besonderer Leichtigkeit Kalk zu fällen, so z. B. *Lyngbya* sp., eine Art, die wir auf Molasse-Sandstein bei Eglisau sammelten, deren Fäden meist in eine eng anliegende Röhre von kohlensaurem Kalk eingehüllt sind. Da sie mit keiner bekannten Spezies vollkommen übereinstimmt, werden wir uns genötigt sehen, sie nach gründlicher Untersuchung in einer neuen Art zu beschreiben. Ob diese Alge fähig ist, in kalkfreiem Wasser zu leben und ohne einen Panzer von Ca-Karbonat in Erscheinung zu treten, entzieht sich vorläufig unserer Kenntnis.

Am allgemeinsten und sehr weite Gebiete nackter Felswände bedeckend ist aber der Kalkniederschlag, der auf die Assimilationstätigkeit von Chroococcaceen zurückzuführen ist. Die Gattung *Gloeocapsa* erreicht unter ihnen hierin die erste Bedeutung. Wir haben bei der Beschreibung der Vegetation vieler Standorte, namentlich im Gebiete der Alpen und des Juras, auf die « Graubänder » hingewiesen, welche Rieselund Sickerwasserbahnen kennzeichnen oder, in Gebieten höherer Niederschlagsmengen (Säntis, Churfirsten u. a. a. O.), weite Felsflächen, die nur von Niederschlägen benetzt werden, bedecken. Diese für das Kalkgebirge so charakteristische Patina von braungrauer oder blaugrauer Farbe stellt eine dem Gestein oberflächlich aufgelagerte Kruste verkalkter Algen dar. *Gloeocapsa sanguinea* und *Gl. Kützingiana* sind dabei weitaus dominierend; vielfach liegen sie sogar in ziemlich reinen Beständen vor. Die erstgenannte Alge ist vorherrschend in Krusten von mehr braungrauer, die letztgenannte dagegen in denjenigen von auffallender blaugrauer Farbe. Die Tuffe dieser Art unterscheiden sich weitgehend in ihrer Mächtigkeit voneinander und können von Bruchteilen eines Millimeters bis zu mehreren Zentimetern variieren.

In früheren Kapiteln haben wir gesehen, daß die Vegetation des Kalksubstrats nur durch wenige Algenarten von derjenigen des Silikatgesteins verschieden ist. *Gloeocapsa sanguinea* und *G. Kützingiana,* die beide im Kalkgebiete die genannten Tuffkrusten verursachen, bestreiten auch im Silikatgebiet die Vegetation sehr weiter Gebiete, insbesondere diejenige der Tintenstriche, und in Gegenden reichlicher Niederschläge (Tessin) auch waagrecht liegende Felsflächen und Gesteinssplitter zu

einem bedeutenden Teil. Die Kalkfällung aber fehlt dort. Sowohl *Gl. sanguinea* (hier in der Form roter Hüllen) als auch *Gl. Kützingiana* zeigen dort keine verkalkten Lager. Daraus geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß zum mindesten bei den genannten, höchstwahrscheinlich aber auch bei vielen anderen Arten, die Fähigkeit, Kalk zu fällen, kein Artmerkmal darstellt, sondern daß eine Art diese Fähigkeit besitzt, wenn Ca-Bikarbonat im Wasser enthalten ist, daß sie aber ebenso ohne Bikarbonat und Kalkfällung auszukommen vermag.

Solche *Gloeocapsa*-Tuffe stellen einen porösen Mantel auf der Gesteinsoberfläche dar mit halbkugeligen Erhebungen, Pusteln, Höckern und Vertiefungen, Löchern, Gängen und Spalten und bieten ein Aussehen, als ob die Felswand mit Mörtel beworfen worden wäre. Dem ungeübten Beobachter mag dieser Anblick beim ersten Anschauen den Eindruck erwecken, eine von kalkzerstörenden Algen tiefgreifend korrodierte Felswand vor sich zu haben. Dem ist aber nicht so. Löst man nämlich mit Meißel und Hammer den Tuff, der außerordentlich fest am Fels klebt, ab, so kommt darunter die unverwitterte kompakte Felsoberfläche zum Vorschein.

Die Kruste selbst ist von Algenzellen durchsetzt, die in den obersten, stark besonnten und darum am raschesten austrocknenden Schichten meist im Stadium von Dauerzellen, in tiefern Schichten dagegen im Zustande von vegetativen vielzelligen Kolonien mit mittelweiten Hüllen vorliegen. In der Tiefe der Kruste sind die Zellen meist tot und geschrumpft.

Weite Felswände in den Alpen und im Jura sind von einer solchen epilithischen Kalkvegetation bedeckt. Sie fehlt nur da, wo der Standort zu trocken ist, d. h. wo die Algen fehlen oder wo, infolge des Mangels von Ca-Bikarbonat in dem den Algenbestand benetzenden Wasser, eine Kalkfällung unmöglich ist.

Die charakteristische Alge der Graubänder, *Gloeocapsa Kützingiana,* die in ihren charakteristischen Dauerzellen so weite Gebiete nackter Felswände bedeckt und zu den am weitesten verbreiteten und am reichlichsten vorhandenen Algen der Kalkalpen gehört, wurde bisher fast völlig übersehen. Jedenfalls findet sie sich in keinem der von uns daraufhin durchgesehenen Herbarien, nämlich des Wiener botanischen Museums, der Genfer Sammlungen, derjenigen des Botanischen Gartens Zürich und der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Einzig Nováček hat sie auf den Serpentinfelsen von Mohelno in Böhmen nachgewiesen. Sie bildet dort, wie wir an Nováčeks Originalmaterial selbst beobachten konnten, dunkle Flecken und Bänder auf dem Gestein (eine Art Tintenstriche), zeigt aber keinerlei Kalkinkrustation. Nováček gab der Alge den provisorischen Namen *Gloeocapsa pleurocapsoides.* Sie

stellt nach unserer Auffassung die Standortsform extrem trockener Stellen der *Gloeocapsa Kützingiana* dar und wird von uns konsequent unter dem Namen *Gloeocapsa Kützingiana* und in Anlehnung an Nováčeks Nomenklatur als st. *pleurocapsoides* bezeichnet. Sicher lag die Alge auch Diels, in seiner Studie am Schlerndolomit, vor, wenn er von *Xanthocapsa* spricht.

Während die Alge auch bei uns (wie in Böhmen) auf dem Silikatgestein kalkfreie Lager bildet, ist sie die kalkfällende Alge par excellence im Gebiete des basischen Gesteins (Kalk, Dolomit). Auf diesem besiedelt sie extrem trockene Standorte, an denen andere Algen nicht mehr fortzukommen vermögen. Offenbar ist sie dabei durch den von ihr selbst gebildeten Kalkpanzer begünstigt. In dem porösen Kalktuff werden während Regenperioden, aber auch bei Taubildung, verhältnismäßig große Mengen Wassers festgehalten und erst langsam wieder abgegeben, während das Wasser von Felsoberflächen, die dieses Reservoirs entbehren, innert kürzester Frist abtrocknet.

Auch Grünalgen, namentlich *Vaucheria, Spirogyra, Zygnema, Mougeotia* u. a. können mit einer Kalkkruste so dicht bedeckt sein, daß darunter vom Zellfaden streckenweit kaum noch etwas zu sehen ist. Die Kalkkruste dient dann einer großen Zahl von Überpflanzen, insbesondere Arten aus den Gattungen *Characium, Characiopsis, Gongrosira* usw. und vielen Kieselalgen, die sich auf Gallertstielen über das Substrat erheben, als Anheftungsstelle.

Tuffe, die wie diejenigen vieler Blaualgen in Form von halbkugeligen und zu größern Konkretionen zusammenfließenden Pusteln in Erscheinung treten, werden sodann durch kalkfällende Desmidiaceen gebildet. Dabei kommt in erster Linie *Oocardium depressum* Wallner (*Oocardium stratum* anderer Autoren) in Frage. Die halbkugeligen Kalkpusteln entstehen dadurch, daß sich *Oocardium*-Zellen auf dem Gestein festsetzen, durch Schleimbildung ankleben und infolge ihrer Assimilationsfähigkeit rund um den basalen Pol ihrer Zellen Kalk zur Abscheidung bringen. Dadurch wird die Kalkkruste fortwährend dicker. Die Zellen selbst werden allmählich über die ursprüngliche Anheftungsstelle gehoben; durch einen Gallertstiel bleiben sie aber mit ihr verbunden. Teilt sich die Zelle, so führen beide Tochterzellen die Kalkfällung weiter; nur der ebenfalls verzweigte Gallertstiel bleibt unverkalkt. So wachsen die Kalkpusteln bis zu 1 cm Dicke heran, an ihrer Oberfläche eine dünne Schicht grüner Zellen tragend. Zerlegt man mittels scharfer Rasierklingen diese feinkörnigen, ziemlich weichen Kalkpusteln in radiale Schnitte, so kann man den Verlauf der Gallertstiele, ihre Verzweigungen und an deren Ende die kalkfällenden Zellen in ihrer natürlichen Lage deutlich erkennen.

Oocardium depressum fanden wir über das ganze Gebiet des basischen Gesteins verbreitet, vom Rhein durch das Molasseland und den Jura bis weit in die Voralpen hinein. Ob die Alge das kalkarme Gestein meidet oder dort wegen des Ausbleibens der Tuffbildung nur übersehen wurde, entzieht sich unserer Kenntnis.

Vielfach sind Blaualgen, Grünalgen, Moose und Blütenpflanzen an der Bildung von Kalktuffen gleichzeitig beteiligt. Kalkfällung auf rein physikalisch-chemischen und solche auf physiologisch-chemischem Wege dürften dabei andauernd nebeneinander verlaufen. Für den erstgenannten Vorgang wäre hauptsächlich die Temperaturänderung des Ca-Bikarbonat führenden Wassers, für den letzteren dagegen die Assimilationstätigkeit der grünen Pflanzen verantwortlich.

Auch auf der Felswand verlaufen beide Vorgänge nebeneinander. Die Kalkfällung auf physikalischem Wege tritt oft an algenfreien Stellen der Felswand, über die während bestimmter Zeiten Sickerwasser abfließt, in Erscheinung. Es bildet sich dann eine glatte, ausgeglichene Kalkschicht, die sich dem Substrat völlig anschmiegt. Diels (l. c. p. 508) hat darauf hingewiesen, daß eine solche Kalkkruste auch dadurch entstehen kann, daß das aus dem Gesteinsinnern nach außen abdunstende Wasser seinen Kalkgehalt auf dem Fels niederschlägt. Diese Anreicherung des Kalkes an der Oberfläche des Dolomitgesteins äußert sich darin, daß bei Benetzung mit Salzsäure der reine Dolomit in der Tiefe keine Reaktion zeigt, während der in der oberflächlichen Kruste angereicherte Kalk stürmisch braust.

Wo dagegen kissen- und polsterförmige Algenlager das Gestein bedecken, da schlägt sich der Kalk nicht an den zutiefst liegenden Stellen der Gesteinsoberfläche nieder, sondern an und auf den Algenlagern. Diese wachsen meist erheblich über die Oberfläche des Gesteins hinaus und bilden jene halbkugeligen Pusteln, von denen schon oft die Rede war.

9. Kapitel

Gesteinszersetzung durch Algen

Es ist seit langem bekannt, daß viele niedere und höhere Pflanzen das Gestein aufzulösen und seinen Zerfall herbeizuführen oder doch zu beschleunigen vermögen. Ihre Einwirkung auf das Substrat ist verschiedener Art. Der Angriff kann unmittelbar erfolgen, z. B. durch Ausscheidung gesteinslösender, ätzender Flüssigkeiten (organische Säuren) oder Gase (CO_2), durch unmittelbare mechanische Sprengwirkung, z. B. durch Wurzeln von Bäumen und Sträuchern, oder schließlich in indirekter