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: Untersuchungen über die Erstbesiedelung auf künstlich freigelegten Felsflächen, Kunstbauten, Denksteinen usw.

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

Wie stark die Feuchtigkeit als Entwicklungsfaktor für die Flechten gegenüber demjenigen der Belichtung zurücktritt, zeigt sich am schönsten im tropischen Mooswald Westjavas, der Zone des reichlichen Hochnebels. Steigt man zum Beispiel, gleichgültig in welcher Jahreszeit, in der Morgenfrühe von der wissenschaftlichen Bergstation Tjibodas (1400 m ü. M.) zum Gipfel des Vulkanberges Pangerango (3000 m ü. M.), so durchquert man diesen Mooswald. Von Blättern und Ästen der Bäume und Sträucher tropft, einem feinen Regenfall vergleichbar, der Morgentau und der sich verdichtende Nebel, den Wanderer völlig durchnässend. Diesem hohen Feuchtigkeitsgrad entsprechend sind die Urwaldpflanzen auf Stämmen, Ästen, Zweigen und Blättern von einer dichten Epiphytenvegetation bedeckt. In dieser spielen die Moose bei weitem die erste Rolle. In dichten Tuffen und oft bartartigem Wuchs hangen sie von ihrer Unterlage herunter. Farnpflanzen, Pilze und Grünalgen, aber auch Blütenpflanzen verschiedener Art nisten sich darin ein. Nur die Flechten fehlen. In dem andauernden Dämmerlicht des Urwaldes vermögen sie nicht aufzukommen; ihnen sind nur hochragende Bäume, die ihre Laubkrone über das Dach des Urwaldes emporheben, zur Ansiedlung vorbehalten. Schlägt aber ein solcher fallender Urwaldriese eine Lichtung in den geschlossenen Baumbestand, so nehmen binnen weniger Jahre, ja sogar Monate, Flechten von dem auf diese Weise neu geschaffenen Lebensraum Besitz. Es ist also auch in diesem Falle, der sich im gesamten malaiischen Tropengebiet überall wiederholt, ausgesprochenermaßen der Licht-, nicht aber der Feuchtigkeitsfaktor, der über die Entwicklungsmöglichkeit der Flechten entscheidet. Wenn in hohen geographischen Breiten, wie in den nordeuropäischen Gebieten, die Flechtenentwicklung noch außerordentlich reich ist, so ist dies keineswegs überraschend. Dort sind die Tage länger als in geringeren Breiten, und die Dauer der Belichtung kompensiert dort in sehr hohem Maße die geringere Intensität der Sonnen- und Himmelsstrahlung.

5. Kapitel

Untersuchungen über die Erstbesiedelung auf künstlich freigelegten Felsflächen, Kunstbauten, Denksteinen usw.

Die Rückzugsgebiete des Morteratsch-, Boden- und Fornogletschers boten uns bereits Gelegenheit, über die Raschheit, mit der natürlich anstehender Fels sich mit Algen bzw. Flechten besiedelt, und über die Zusammensetzung dieser Pioniervegetation Aufschluß zu erlangen. Ungleich günstiger sind aber für solche Fragestellungen Felsflächen, die in einem genau feststellbaren Zeitpunkt in neuerer und neuester Zeit durch

Sprengung künstlich freigelegt wurden, wie dies bei der Anlage von Bergbahnen, Straßen, Festungswerken, Steinbrüchen usw. oft der Fall ist. Solche Flächen stehen vielfach unter denselben Bedingungen und besiedeln sich demgemäß in derselben Weise wie natürliche, durch Verwitterung, Steinschlag, Rutschung, Gletscherrückzug, Flußerosion usw. freigelegte Felswände, die unter entsprechenden klimatischen Verhältnissen stehen. Aber auch Kunstbauten, wie Staumauern von Kraftanlagen, Gebäude aus Natur- und Kunststein, liefern Beobachtungsmöglichkeiten in großer Zahl. An den Ergebnissen solcher Untersuchungen über Art und Zusammensetzung, Entwicklungsdauer und namentlich über die Einwirkung der Vegetation auf das Substrat sind außer dem Botaniker Ingenieur, Architekt und Bauherr in gleichem Maße interessiert. Der Ingenieur möchte wissen, ob und in welchem Maße die epi- und endolithische Vegetation auf mechanischem und chemisch-biologischem Wege das Substrat zerstört oder schützt. Der Architekt und der Heimatschützler berücksichtigen in ihren Überlegungen den ästhetischen Effekt der Algen- und Flechtenvegetation. Sie ist ja, wie kein Künstler, imstande, Härten, die brutale Bauten, Steinbrüche und dergleichen in eine Landschaft brachten, zu mildern, indem sie Fels und Gemäuer mit einer weichen Patina von fein abgestuften Farbtönen überziehen.

Aber besonders aufschlußreich ist die Untersuchung der Gesteinsvegetation auf Denkmälern, Erinnerungstafeln, Grabsteinen usw. Solche stehen zu Tausenden und aber Tausenden in allen Landesteilen, von der Ebene bis ins Hochgebirge, in Städten, Dörfern und Weilern in unendlicher Mannigfaltigkeit der Beobachtung offen. Erinnerungssteine sind aus denselben Materialien gehauen, auf denen wir die Algenvegetation am natürlichen Standort untersuchten : Granit, Gneis, Amphibolit, Serpentin, Diabas, Verrucano, Kalk, Sandstein usw. Dazu gesellen sich Gesteine ausländischer Herkunft, wie Marmore und Kunststeine verschiedener Art. Sie unterscheiden sich durch die Art der Bearbeitung. Neben einem Diabas mit rauher Oberfläche steht ein solcher mit glatt geschliffenen Seiten. Diese sind nach allen Himmelsrichtungen exponiert, verschiedener Belichtung, verschiedenen Winden ausgesetzt. Ein Stein steht in der Regentraufe eines Baumes, ein anderer ist von einem dichten Blätterdach überdeckt, so daß er auch bei starkem Regen kaum benetzt wird.

So liegen hinsichtlich der Beschaffenheit des Substrats und des Klimas Mikrostandorte vor, die, ähnlich wie in einem außerordentlich groß angelegten Versuch, reichste Untersuchungsmöglichkeiten bieten. Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß der Zeitpunkt, in dem solche Gedenksteine mit völlig vegetationsfreier Oberfläche der Besiedelung ausgesetzt wurden, meist leicht zu ermitteln ist.

Es würde zu weit führen, jeden Ort im Schweizerlande, an dem wir solche Untersuchungen durchführten, einzeln zu nennen. Wir werden darum unter ihnen eine kleine Anzahl besonders aufschlußreicher Lokalitäten im Mittelland, im Jura und im Alpengebiet herausgreifen, um an ihnen die Gesetzmäßigkeiten in der Besiedelung des Gesteins und anderer Substrate durch die Pioniervegetation aufzuzeigen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden uns erlauben, die Algenvegetation der natürlichen Standorte besser verstehen und deuten zu können.

a) Untersuchungen im Waldfriedhof der Stadt Schaffhausen

Im Jahre 1918 bestimmte die Bürgerschaft von Schaffhausen den Ebnatwald im NE der Stadt als neue Friedhofanlage. Dort wurden seither Gräber angelegt in zwangloser Anordnung, hier im ernsten Halbdunkel hochragender Tannen, Kiefern, Buchen oder Eichen, dort in der sonnigen Helle einer Lichtung. Natürlich gewachsenes Gebüsch mit Gras, Blumen und weichem Moosteppich bilden eine schöne, würdige Umrandung der einzelnen Ruhestätten. Jahr für Jahr, in dem Maße, wie die Gräber sich aneinanderreihen, werden Gedenksteine ausgesetzt, aus den Materialien des Landes, bald groß und schön behauen von Künstlerhand, bald klein, schlicht und einfach in Form und Linie. Diese Denkmäler bedecken sich im Laufe der Jahre mit Algen, Flechten und Moosen, so wie es dem Substrat und den Gegebenheiten des Kleinklimas entspricht, und es wird von behördlicher Seite darüber gewacht, daß diese natürliche Entwicklung möglichst ungestört bleibe. Die feuchte Luft des Hochwaldes ist dem Wachstum dieser Kleinpflanzen förderlich, und so legt sich schon im Laufe weniger Jahre jene weiche, ausgleichende Patina auf die Grabmäler, die innerhalb kurzer Zeit Wald und Ruhestätten zu einer versöhnlichen, würdevollen Einheit heranwachsen läßt.

Im Waldfriedhof sehen wir Grabsteine, die seit 25 Jahren der Besiedelung offen standen. Manche von ihnen sind mit Moosen, andere mit Flechten oder mit Algen, wieder andere mit Vertretern zweier oder aller drei dieser Formenkreise über und über bedeckt. Manche anderen Steine von gleichem Alter erscheinen dem unbewaffneten Auge dagegen völlig vegetationslos. Aber auch viel jüngere Grabmäler tragen mehr oder weniger reiche epilithische Vegetation. Steine von nur zwei- bis dreijähriger Besiedelungsdauer können eine üppigere Algendecke tragen als Steine, die 20 und mehr Jahre früher ausgesetzt wurden.

Solche Unterschiede gilt es zu erklären. In ihnen treten die Eigenschaften, die das Substrat, seine Oberflächenbeschaffenheit und das lokale Klima auf die Vegetation ausüben, in Erscheinung. Wir haben sie, wenigstens teilweise, schon bei der Beschreibung der Vegetation

natürlicher Standorte kennen gelernt und wissen bereits, daß als für die Entwicklung einer Algen- bzw. Flechten- oder Moosvegetation von maßgebendem Einfluß sind : Benetzungsgrad, Belichtung, Material und Oberflächengestaltung des Substrats. Im Waldfriedhof tritt ihr Einfluß besonders klar hervor.

Für die Benetzung der Grabsteine im Waldfriedhof kommen außer der verhältnismäßig hohen Luftfeuchtigkeit im Hochwald und der Taubildung nur Regen, Schnee und Rieselwasser in Frage. Die höhern Benetzungsstufen 1—4, wie wir sie bei der Besprechung der Feuchtigkeitsverhältnisse im Morteratsch-Gebiet umschrieben, fehlen. Nur Stufe 5 der sog. « begünstigten Standorte » und die noch trockenere Stufe des Flechtenareals sind im Waldfriedhof verwirklicht. Die Benetzung des Gesteins erfolgt nur während Niederschlägen oder um soviel Zeit länger, als noch Wasser aus dem Laubdach der Waldbäume nachtropft. Die Gesteinsflächen in der Baumtraufe sind etwas mehr begünstigt als diejenigen außerhalb derselben, die nur das direkt auffallende Wasser empfangen. Die Unterschiede sind aber geringfügiger Natur. Einen gewissen Vorteil genießen auch die Stellen, an denen sich während der Niederschläge das Wasser ansammelt und in kleinen und kleinsten Bächlein über die Gesteinsflächen abrieselt. Namentlich größere Gedenksteine mit Skulpturen und Verzierungen weisen solche begünstigte Stellen auf. Dauernd benetzte Oberflächen fehlen im Waldfriedhof völlig.

Hieraus läßt sich bereits erwarten, daß auf dem Gestein Algen und Flechten sich den Platz streitig machen werden. Der Benetzungsgrad befindet sich ganz allgemein an jenem Grenzpunkt, an dem nach der trockeneren Seite hin Flechten, nach der feuchteren Seite hin dagegen Algen zur Entwicklung gelangen. Wir werden sehen, daß die tatsächlichen Vegetationsverhältnisse dies bestätigen.

Verschieden stark ist an den einzelnen Stellen im Waldfriedhof auch die *Belichtung*. Sie entspricht derjenigen eines Hochwaldes, in den einzelne kleinere Lichtungen geschlagen wurden. Demgemäß ist die Strahlung nirgends sehr stark. Mittlere und schwache Belichtung (die Stufen II und I) in allen Abstufungen herrschen vor.

Groß sind dagegen die Unterschiede zwischen den einzelnen Grabmälern hinsichtlich der Art des *Gesteins* und seiner Oberflächenbeschaffenheit. Silikatgesteine, Kalke, Marmore, Sandsteine und Kunststeine stehen stellenweise dicht nebeneinander, wenn auch aus ästhetischen Gründen die Zahl der zugelassenen Materialien beschränkt ist. Im einen Falle ist die *Oberfläche* rauh, im andern glatt, ja gelegentlich blank geschliffen.

Es würde zu weit führen, die Vegetation aller oder auch nur einer größeren Zahl der untersuchten Steine zu beschreiben und sie aus den

ökologischen Gegebenheiten heraus, unter denen sie heranwuchs, zu deuten. Hat man sich einmal die Mühe genommen, diese Vegetation in der Vielgestaltigkeit ihrer Erscheinungen zu betrachten und daraus die wesentlichen Züge herauszuarbeiten, so kann man diese überall wieder erkennen, und die Vielgestaltigkeit läßt sich auf eine verhältnismäßig kleine Zahl von Gesetzmäßigkeiten zurückführen, die sich nicht nur im Waldfriedhof, sondern auch an unzähligen anderen Orten im ganzen Lande wiederholen.

Beginnen wir die Besprechung der Vegetation dieser Gesteine bei den ältesten, 20—25 Jahre alten Grabmälern, die im nördlichen Teil des Friedhofes eine größere Gruppe bilden.

Einige unter ihnen stehen in der Regentraufe einer Gruppe von Buchen, also im Genusse verhältnismäßig hoher Luftfeuchtigkeit und des vom Laubdach der Bäume abrieselnden Wassers; andere werden nur vom direkt auffallenden Wasser benetzt. Auf allen diesen Grabsteinen wird die nach S exponierte Seite teilweise vom schräg einfallenden Sonnenlicht bestrahlt. Ihre Rückseiten stehen dagegen im lichtarmen Bereiche der Baumgruppe. Die Denkmäler bestehen aus grob behauenem Kalkstein, aus Sand- und Kunststein.

Die Vegetation dieser Gruppe von Grabmälern ist weitgehend verschieden. Die erstgenannten, in der Regentraufe stehenden Steine tragen auf ihrem Scheitel und auf den Horizontalflächen ihres Sockels einen üppigen, 1—3 cm dicken, dicht geschlossenen Moosteppich. Aber auch an den Steilflächen haften Moose, und zwar um so üppiger, je rauher die Oberfläche ist. Auf der S-exponierten Seite mischen sich unter die Moose flechtenähnliche Gebilde, sorediös-lepröse Anflüge; die im Schatten stehenden Rückseiten dagegen sind bedeckt von grünen Beständen von *Pleurococcus viridis*. Auf den mehr in der Mitte der Gruppe ausgesetzten, 20—25jährigen Grabmälern, die hinsichtlich der Benetzung weniger begünstigt sind, treten die Moose stark zurück. Sind da und dort die Scheitelflächen noch von ihnen bedeckt, so fehlen sie doch auf den Steilflächen ziemlich vollständig. An ihre Stellen treten Flechten und Algen.

Die ersteren bedecken die lichtreichsten Stellen, also namentlich S-exponierte Flächen, während die nach N exponierten Seiten, oft auf ihrer ganzen Fläche, einen sattgrünen oder rostroten Algenüberzug tragen. Ist aber ein hinsichtlich der Benetzung nicht begünstigter Stein (außerhalb der Baumtraufe) mit allen Flächen andauernd schwach belichtet, so nehmen die Algen von seiner gesamten Oberfläche Besitz. Flechten fehlen dort oder gelangen auch an den verhältnismäßig lichtreichsten Stellen nicht über das *Lepraria*-Stadium hinaus. Was wir an den von der Natur freigelegten Felswänden beobachteten, das tritt also

auch auf diesen künstlich geschaffenen Gesteinsflächen der Grabmäler in Erscheinung, nur viel deutlicher, weil größte und kleinste Verschiedenheiten der ökologischen Verhältnisse in allen Abstufungen hier auf kleinstem Raum, und darum leichter erfaßbar, nebeneinander verwirklicht sind.

Die Algenvegetation dieser Grabmäler läßt 3 Fazies erkennen :

1. Algenstreifen von dunkler Farbe, die in senkrechter Richtung an den Gesteinsflächen herablaufen. Sie bezeichnen die Abflußrinnen des Rieselwassers und entsprechen den Tintenstrichen der natürlichen Felswände. *Gloeocapsa sanguinea, Scytonema myochrous, Nostoc microscopicum* herrschen in dieser Vegetation vor. Gelegentlich sind einzellige Grünalgen beigemischt.

Solche « Tintenstriche » finden wir auf allen Gesteinsarten, sofern auf den Steinen genügend große Flächen vorhanden sind und die Form des Grabmals den Abfluß von Rieselwasser an bestimmten Stellen begünstigt. Diese Vegetation ist also auf einen — wenn auch in noch so geringem Maße — « begünstigten » Standort angewiesen (Tafel 18 a).

2. Andere Steine, auf denen solche Rieselwasserbahnen fehlen, sind der Standort von Grünalgen. Vor allem mehr oder weniger poröse Sand- und Kunststeine mit etwas rauhen Flächen tragen oft auf ihrer gesamten Oberfläche eine rostrote Vegetation einer *Trentepohlia*-Art. Will man der langzylindrischen Form ihrer Fadenzellen bei der Bestimmung die erste Bedeutung beimessen, so muß die Alge zu *Trentepohlia aurea* gestellt werden. Farbe und Habitus des Lagers deuten dagegen mehr nach *Tr. umbrina* hin. Unsere bisherigen Untersuchungen erlauben die definitive Einreihung noch nicht. Wird ein Grabmal aus Sand- oder Kunststein auf der einen Seite von nennenswerter Sonnenstrahlung getroffen, so fehlt dort diese Vegetation, während die Rückseite davon über und über bedeckt ist.

3. Härtere Gesteine mit weniger rauher Oberfläche, auf der Rieselwasserbahnen fehlen, zeigen sich im Schmucke einer Algenvegetation von grüner Farbe. Es handelt sich dabei wie auf der wenig besonnten Rückseite der zuerst genannten Grabmäler in der Baumtraufe um *Pleurococcus viridis,* dem *Coccomyxa-, Stichococcus-, Chlorella-* und *Cystococcus*-Arten beigemischt sind. Wie die *Trentepohlia*-Vegetation scheut diejenige von *Pleurococcus* und seinen Begleitern starkes Licht, und auf einem Stein, dessen Rückseite dicht grün gefärbt ist, kann auf der besonnten Seite jede Vegetation fehlen, oder Flechten können von ihr Besitz genommen haben. Die Erklärung dieser Algenvegetation bietet kaum Schwierigkeiten; in ihr wiederholen sich in allen wesentlichen Punkten die Gesetzmäßigkeiten, denen wir beim Studium der Felsvegetation begegneten : Die hier vertretenen Algen sind ausgespro-

chene Aerophyten, die Grünalgen namentlich solche trockener Wuchsorte; während die Blaualgen (*Gloeocapsa sanguinea* und ihre Begleiter) noch « begünstigte » Standorte beanspruchen (unter ihnen aber die letzte Stufe), genügen den Grünalgen direkt auffallende Niederschläge und die lokale Luftfeuchtigkeit. Die Chlorophyceen sind aber ungleich mehr lichtempfindlich als die Blaualgen und meiden deshalb besonnte Flächen. Vielleicht ist *Trentepohlia* fähig, mit noch geringerer Feuchtigkeit auszukommen als *Pleurococcus*; dagegen beansprucht jene eine rauhere Oberfläche, um sich auf dem Substrat festzusetzen. Findet sie günstige Haftplätze, so kann *Pleurococcus* gegen sie nicht aufkommen. Diese Alge ist darum auf glattere, lichtgeschütztere Flächen des Gesteins angewiesen. Den Moosen sagt die hohe Luftfeuchtigkeit und der durch die Baumtraufe begünstigte Standort besonders zu. Außer auf Horizontalflächen können sie sich aber auf dem Gestein nur festhalten, wenn seine Oberfläche in Vertiefungen, Löchern, Rissen usw. eine solide Verankerung ihrer Rhizoiden erlaubt.

Die Standortsverhältnisse, wie sie im vorigen für einen kleinen Ausschnitt des Waldfriedhofs geschildert wurden, wiederholen sich nun mit größeren und kleineren Variationen zu vielen Malen in der Anlage, und in entsprechender Weise kehrt auch eine gleiche oder wenig veränderte Moos-, Flechten- und Algenvegetation immer wieder.

Das besondere Interesse, das dem Waldfriedhof für unsere Untersuchungen zukommt, besteht darin, daß eine große Zahl von Grabmälern während verschieden langer Zeit der Besiedelung durch Algen und Flechten ausgesetzt waren. Seit dem Jahre 1918 gesellten sich Jahr für Jahr neue Steine zu den alten, so daß sich uns Gelegenheit bietet, die Entwicklung der epilithischen Vegetation aus ihren ersten Anfängen heraus zu verfolgen.

Betrachten wir nunmehr die jüngsten Stadien der Besiedelung. Auf Grabsteinen, die erst ein Jahr oder während noch kürzerer Zeit im Freien standen, treten, von bloßem Auge betrachtet, Spuren einer Vegetation kaum in Erscheinung. Sucht man aber mit geeigneter Methode die Oberfläche solcher Steine nach angewehten Keimen ab, so läßt sich ein reichhaltiges Material von Pilz- und Moossporen, Algen, Flechtensoredien und Samen höherer Pflanzen nachweisen. Solche Anflüge erfolgen vom ersten Tage an und bilden den Ausgangspunkt für das sich allmählich einstellende Pflanzenkleid des nackten Gesteins.

Unter den Grabmälern, die seit zwei Jahren im Freien stehen, lassen diejenigen mit grobkörniger Oberfläche, besonders Sand- und Kunststein, eine Vegetation bereits deutlich erkennen. Während die besonnten Flächen noch völlig « sauber » sind, zeigen die schwach belichteten

bereits jene dunklen Streifen, die die Abflußbahnen des Rieselwassers kennzeichnen. In ihnen lassen sich *Gloeocapsa* cf. *sanguinea* (Lager mit stahlblauen Hüllen), ferner *Nostoc microscopicum* reichlich nachweisen. Auch dünne, aber mit bloßem Auge deutlich sichtbare *Pleurococcus viridis*-Anflüge sind auf Kalk- und Sandstein bereits sichtbar. Auf Steinen mit glatter Oberfläche (Granit, Kalk, geschliffener Marmor) ist nach zwei Jahren noch keine Vegetation erkennbar. *Trentepohlia* erscheint in größeren Lagern auf Sandstein vom vierten Jahr an. Daß die Flechtenbildung sozusagen vom ersten Tage der Aussetzung an einsetzte, zeigen graue, runde Flecken lepröser Lager, die auf vierjährigen Grabmälern bereits Durchmesser von 1—2 cm aufweisen. Je länger ein Stein im Freien steht, um so dichter wird seine Epiphytendecke. Tafel 20 a zeigt einen solchen, der vor 11 Jahren ausgesetzt wurde und bereits deutliche, tintenstrichähnliche Algenstreifen von *Gloeocapsa* cf. *sanguinea* erkennen läßt. Aufschlußreich ist auch der auf Tafel 20 b abgebildete Grabstein, der im Jahre 1925, also 16 Jahre vor der Untersuchung ausgesetzt wurde und neben Moos-*Gloeocapsa*- und *Trentepohlia*-Rasen noch vegetationsfreie Flächen zeigt. Diese Verhältnisse lassen sich wie folgt erklären :

Die hohe Feuchtigkeit des Standortes begünstigt die Entwicklung einer Moosdecke auf Horizontalflächen. Aus ihr fließt Riesel- und etwas Sickerwasser ab, das der *Gloeocapsa*-Vegetation die Ansiedelung ermöglicht. Dem mittleren Teil der Vorderwand fehlt jeder Pflanzenwuchs. Der größere Teil des abfließenden Wassers wird in den Verzierungen am Kopf des Grabmals diesem Mittelstück der Vorderwand zugeleitet. Dort lockert das Wasser den Sandstein auf, löst das Bindemittel, das die einzelnen Sandkörnchen zusammenhält, heraus, so daß sich andauernd feine Gesteinsschüppchen von der Gesteinsoberfläche ablösen. Dadurch wird jede dauernde Besiedelung verhindert. Auf die Gesteinszersetzung durch Wasser und Vegetation werden wir später zurückkommen.

Der in Tafel 18 b wiedergegebene Grabstein stand während 24 Jahren im Freien; auf seiner besonnten Seite entwickelten sich während dieser Zeit lepröse Lager einer halb endo-, halb epilithischen Flechte von einem Durchmesser bis zu 7 cm. Auf der Kugel des in Tafel 19 a wiedergegebenen Steins folgt die Verteilung der Flechten ziemlich genau der größten Belichtungsintensität und klingt mit abnehmendem Lichtgenuß nach allen Seiten hin ab.

Es sind nun noch jene Steine zu berücksichtigen, die unter dem dichten Blätter- oder Nadeldach von Laub- und Nadelhölzern geborgen sind, die also nur bei starkem oder lang anhaltendem Regen und bei Taufall benetzt und höchstens im Winter von direktem Sonnenlicht beschienen werden. Solche Grabmäler zeigen auch nach 25 Jahren noch

eine sehr spärliche Vegetation. Moose siedeln sich gelegentlich auf Horizontalflächen und in Vertiefungen der Oberfläche an. Flechten fehlen. Für sie ist der Standort zu lichtarm. Auch *Trentepohlia* gelangt nicht zu üppiger Entwicklung. Am ehesten ist *Pleurococcus* befähigt, sich auf solchen Steinen anzusiedeln. Geringe Feuchtigkeit und ungenügender Lichtgenuß sind hier wohl die Faktoren, die der Vegetation vieler epilithischen Pflanzen eine Grenze setzen. Hier finden wir ökologische Verhältnisse, ähnlich denen von Gesteinsflächen unter überhängendem Fels oder Innenflächen von Grotten und Höhlen. Auch dort wird, wie wir weiter oben sahen, die Vegetation mit zunehmender Tiefe immer spärlicher.

b) Untersuchungen in andern Friedhöfen der Stadt Schaffhausen

Die Beobachtungen, die wir in den älteren Friedhöfen machen konnten, bestätigen und ergänzen die im Waldfriedhof gewonnenen Ergebnisse unserer Untersuchungen. Seitdem im Junkerfriedhof des Klosters zu Allerheiligen die alten Grabmäler bis auf wenige entfernt wurden, birgt der Friedhof auf dem Emmersberg die ältesten Grabstätten dieser Stadt, und noch im Jahre 1936 hatten wir Gelegenheit, dort Gedenksteine von einem Alter bis zu 100 Jahren auf unsere Fragen hin zu prüfen. Mittlerweile sind auch unter diesen Grabmälern die ältesten weggeräumt worden.

Dem Emmersberg-Friedhof fehlen größere Baumgruppen. Volles Sonnenlicht fällt auf die meisten Grabsteine, zwischen denen nur einzelne Bäume oder kleinere Gruppen von Zypressen, Fichten, Eiben und Thujen schattige Stellen schaffen. Die Luft ist darum trockener, die Belichtung und Erwärmung des Gesteins intensiver als im Waldfriedhof. Auch das Material, aus dem die Steine gearbeitet sind, und die Gestaltung der Oberfläche sind andere. Herrschen im Waldfriedhof Sandstein, Kalk- und Kunststein vor, so sind es im Emmersberg-Friedhof hauptsächlich Marmor und harte Gesteine ausländischer Herkunft, insbesondere Diabase, Granite usw. Die Flächen sind meist glatt behauen und vielfach spiegelglatt geschliffen, wie dies auf vielen anderen älteren Gottesäckern der Fall ist.

Diese Grabsteine zeigen darum auch eine andere Vegetation als diejenigen im Waldfriedhof. Moose sind auf ihnen verhältnismäßig selten. Die glatten Oberflächen und die Aridität des Substrats sind ihrer Ansiedelung feindlich. Nur in Verzierungen, Skulpturen von Ornamenten, Blumen-, Engelsfiguren u. dgl. finden Moose Ankerplätze für ihr Rhizoidensystem. Wo aber Vertiefungen und Risse vorhanden sind, da

haben sich überall im Laufe der Jahrzehnte schmächtige Moosräschen eingenistet.

Auf den 80—100 Jahre alten Steinen herrschen Flechten fast unumschränkt. Sie bedecken alle waagrechten und geneigten Flächen, oft so dicht, daß von der Gesteinsunterlage kaum mehr etwas zu sehen ist. Auch an den Steilwänden können sie üppige Bestände ausbilden, sofern jene rauh genug sind, um den Flechten eine Verankerung zu ermöglichen. Kleinste, von bloßem Auge kaum erkennbare Ritzen und Vertiefungen der Gesteinsoberfläche genügen, damit Flechten sich darin anzusiedeln und auf der glatteren Oberfläche auszubreiten vermögen. Junge, wenige Jahrzehnte alte Grabmäler aus weißem Marmor mit noch wenig angewitterter Oberfläche sind noch flechtenfrei, während Steine von höherm Alter (60—100 Jahre), die zu Anfang eine ebenso glatte Oberfläche besaßen wie jene, auf denen aber die Atmosphärilien ein feinstes Relief mit unzähligen, fast mikroskopischen Erhebungen und Vertiefungen, Ritzchen und Rißchen hervorbrachten, schon ziemlich reichen Flechtenwuchs tragen. Völlig moos- und flechtenfrei sind auch nach 60—100 Jahren noch blank geschliffene Diabase, Granite, Serpentine usw. Steht ein solches Grabmal nach allen Seiten hin frei, so ist es, obwohl 100 Jahre alt, « sauber », fast wie am ersten Tag, sofern es wenigstens der Verwitterung standhielt. Ist ein solcher Stein aber auf einer oder mehreren Flächen genügend beschattet, so finden wir auf diesen die grüne *Pleurococcus*-Vegetation, die wir auch im Waldfriedhof antrafen, während sie auf der besonnten Seite fehlt. Ist der Grabstein auf allen Seiten vor direkter Sonnenstrahlung geschützt, so können alle Flächen gleichmäßig im Schmucke der grünen Algendecke erscheinen.

Viele alte Grabmäler auf dem Emmersberg lehnen sich der etwa 3 m hohen Friedhofmauer dicht an, und ihre Kalk-, Marmor- oder Metalltafeln, die die Inschriften tragen, sind vielfach durch ein kleines Vordach vor Regen geschützt. Alle Teile solcher Grabmäler, die den Niederschlägen entzogen sind, sind vegetationsfrei, selbst wenn sie gegen 100 Jahre lang der Besiedelung durch niedere Pflanzen ausgesetzt waren. Wir sehen auch hier wieder einen Parallelfall zu jenen Felswänden, die unter überhängendem Gestein zurücktreten und keine Spur von Moosen, Flechten oder Algenwuchs erkennen lassen.

Im Friedhof auf der Steig liegen Verhältnisse vor, die teilweise denen des Waldfriedhofes, teilweise denjenigen des Emmersberg-Friedhofes gleichen. Die Gesetzmäßigkeiten in der Zusammensetzung der epilithischen Vegetation wiederholen sich hier in entsprechender Weise.