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 Algenvegetation einzelner Gebiete : im Gebiete der Hochalpen, der Voralpen und der Südschweiz

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: 21.08.2025

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

III. Teil

Die Algenvegetation einzelner Gebiete

1. Kapitel

Im Gebiete der Hochalpen, der Voralpen und der Südschweiz

A. Auf silikatischen Gesteinen

1. Im Tal des Morteratschgletschers (Kanton Graubünden)

Zum Studium der Algenvegetation der Felswände eignet sich das Tal des Morteratschgletschers wie kaum ein anderes Gebiet unserer Hochalpen. Von der Talsohle, die bei der Station Morteratsch auf 1900 m ü. M. liegt, entlang den beidseitigen Hängen des Gletschertales, bis hinauf in die Gipfelzone der den gewaltigen Gletscherzirkus einrahmenden Bergriesen des Piz Palü, des Piz Bernina und des Piz Morteratsch in 3000—4000 m Meereshöhe steht der nackte Fels an in ausgedehnten, senkrecht abfallenden oder geneigten, nach den verschiedenen Himmelsrichtungen exponierten Wänden, oder in Gesteinssplittern von verschiedenster Größe, die sich vom Gebirgsmassiv loslösten und die seit verschieden langer Zeit am Berghang, oder auf dem Gletscher, oder von diesem abgesetzt, weit unten im Tal liegen. Alte, seit Jahrhunderten fast unverändert dastehende Wände wechseln ab mit solchen, von denen Felspartien sich dauernd ablösen und die daher immer aufs neue der Neubesiedelung ausgesetzt sind.

Manchenorts überragen Lärchen und Arven, hier in mehr oder weniger geschlossenen Beständen, dort einzeln stehend, die obere Kante einer Felswand, eines Felsbandes oder Felskopfes; Erdansammlungen, mit Gebüsch, Gras und Moos bewachsen, füllen natürliche Tröge, Mulden, Vorsprünge und Terrassen, Spalten und Ritzen des Gesteins aus, während an anderen Stellen die nackte und kahle Oberfläche gewaltiger Felswände der Besiedelung offen steht.

So birgt das Untersuchungsgebiet hinsichtlich der ökologischen Verhältnisse seiner Gesteinsoberflächen Algenstandorte verschiedenster Art, eine ganze Stufenleiter, die durch alle Zwischenstufen vom dauernd

benetzten zum dauernd trockenen Fels, von windgeschützten zu windgefegten Stellen, von sonndurchglühten Substraten in S-Exposition zu solchen in E-, W- und N-Lage führt, und dies in einer vertikalen Ausdehnung von weit über 1000 m (Taf. 9 a).

Geologisch liegt das Gebiet in den unterostalpinen Decken Südbündens (Err- und Berninadecke), in denen nach R. Staub (1934) die herzynischen Eruptivgesteine fast unumschränkt herrschen. Saure (Kalkalkaligranite und Alkaligranite) und intermediäre Gesteine (Banatite und Quarzdiorite) bilden die Hauptmasse. Daneben kommen auch basische Gesteine vor, wie Gabbrodiorite, Gabbros und Pyroxenite. Vereinzelt finden sich darunter Alkalisyenite und, als sauerste Randfacies, Quarzkeratoporphyre.

Die Reaktion des den Fels benetzenden Sickerwassers zeigt Werte von pH 5,6 bis pH 6,5.

Für die Belichtungsverhältnisse des Wuchsortes einer Vegetation ist, wie wir in einem früheren Kapitel ausführten, in erster Linie die Topographie der Landschaft, die Höhenlage und die Exposition ausschlaggebend. Demgemäß haben wir, auf das Ganze gesehen, mit einem großen Lichtreichtum im Untersuchungsgebiet zu rechnen, denn das Gletschertal ist breit und öffnet sich immer mehr, je höher wir in ihm steigen. Seine Flanken liegen deshalb während langer Dauer im Sonnenschein. Wir dürfen darum, gemessen an den für Davos und Arosa mitgeteilten Strahlungswerten, mit Jahressummen rechnen, die für die horizontale Fläche wohl 100 kgcal/cm² erreichen dürften. Auf dem um 45° nach S geneigten Hang sind die Werte noch entsprechend höher und mögen wohl bei zirka 120 Einheiten liegen. In der für Arosa angegebenen Reihenfolge wird auch im Morteratschtal der Lichtgenuß der verschiedenen Hanglagen abnehmen, und für die lichtärmste Nordwand dürften nach unserer Schätzung gegen 20 kgcal/cm² in Frage kommen.

Die meisten unserer Sammelstellen liegen im offenen Gelände, auf dem die Sonnenstrahlen ungehindert einfallen. Für sie ist daher mit Hinsicht auf den Lichtgenuß in erster Linie die Hanglage maßgebend. Wenige andere Materialien wurden unter überhängendem Fels in Grotten und Höhlen, in einem Fall auch an einer durch Strauchwerk zeitweise beschatteten niedrigen Felslehne gesammelt. Für diese Standorte kommt ein Lichtgenuß in Frage, der weit unter 20 Einheiten liegt.

Bei der Besprechung der Vegetation werden wir für jeden Wuchsort die Belichtungsstufe angeben (Stufen 6—1 unserer S. 99 gegebenen und erläuterten Einteilung), in die er gemäß seiner Höhen- und Hanglage und der Gestaltung seiner nächsten Umgebung (Beschattung durch Baum- und Strauchwerk usw.) gehört.

Hinsichtlich der Niederschlagsmengen zeigt das Untersuchungsgebiet recht beträchtliche Verschiedenheiten. Während jene mit Werten von jährlich 100—120 cm für die tiefer gelegenen Stationen, z. B. am Eingang zum Morteratschtal, für die Höhenlage von 1900 m gering zu nennen sind, befinden sich die am höchsten gelegenen untersuchten Standorte bei 3000 m und darüber, in einem regen- und schneereichen Gebiet, für welches Maurer und Lugeon eine Niederschlagshöhe von ungefähr 260 cm angeben. Von diesen höchstgelegenen bis zu den tiefstgelegenen Untersuchungsstationen werden alle Feuchtigkeitsstufen zwischen 260 und 100 cm jährlichen Niederschlages durchquert.

Nun ist aber die Menge des in der Gegend niedergehenden Wassers für verschiedene Felsflächen von durchaus unterschiedlicher Bedeutung. Sie ist unmittelbar ausschlaggebend in erster Linie für diejenigen Oberflächen, die, abgesehen von Taubildung, nur durch Niederschläge benetzt werden. Es sind dies die Oberflächen nackter Felskuppen, Felsköpfe und Felsvorsprünge und dann namentlich größere und kleinere Gesteinssplitter am Berghang und im Talgrund. Solche Flächen stehen daher in höheren Lagen, z. B. auf der Höhe des Diavolezzapasses, unter anderen Feuchtigkeitsverhältnissen als diejenigen im Rückzugsgebiet des Gletschers, das in einer Zone viel geringerer Niederschläge liegt.

Für anstehende Wände ist dagegen die Niederschlagsmenge des Standortes von weniger unmittelbarer Bedeutung, da dort die Benetzung ja in weit stärkerem Maße von dem Wassernachschub aus höher gelegenen Zonen reguliert wird durch abfließendes Regen- und Schmelzwasser und durch Sickerwasser. Der allgemeine Wasserreichtum insbesondere auch der Schnee- und Eismassen in der Gipfel- und Gletscherregion spielt für diese Art der Benetzung der Felswände eine ausschlaggebende Rolle.

Die ausgesprochene Lufttrockenheit des Untersuchungsgebietes (Rübel, 1910) wirkt sich hauptsächlich auf das nur durch Niederschläge benetzte Gestein aus durch die raschere und intensivere Trocknung des Substrates; für die Sickerwasserflächen dagegen ist sie nur dann von Bedeutung, wenn die nachgeschobene Wassermenge nicht ausreicht, um auch bei größtem Dampfhunger der Luft den Fels naß zu erhalten.

a) Die Felsvegetation

Ein Gang durch das Untersuchungsgebiet lehrt uns, daß das nackte Gestein, gleichviel ob es in mächtigen Felswänden anstehe oder in zahlreichen, größeren oder kleineren Gesteinssplittern den Talboden bedecke, eine reiche Vegetation trägt. Wenn manche Flächen davon frei sind, so lassen sich meist die Gründe für diese Vegetationslosigkeit leicht

erkennen. So kann, vorab in der Gipfelregion, die rasche mechanische Erosion eine Besiedelung verhindern; an überhängenden Felsen und in Grotten und Höhlen können dauernde Trockenheit und Lichtmangel dafür verantwortlich sein; im Bergbach ist es die Scheuerwirkung der Geschiebe, am Gletscherrand der kurze Zeitraum, während dessen der Fels vom abschmelzenden Eis freigelegt war.

Die Vegetation des Gesteins zeigt sich in verschiedener Form. Am auffallendsten tritt sie uns in den sogenannten « *Tintenstrichen* » entgegen, jenen dunkeln Bändern, die, namentlich auf kristallinen Gesteinen der Alpen, an den Wänden herablaufen, vielfach von zuoberst bis zuunterst, viele Meter lang und breit, oft aber auch schmal und kurz, an Schichtfugen des Gesteins unterbrochen und unterhalb derselben, seitlich verschoben, wieder weiterlaufend. Tintenstriche können auch mitten in der Felswand entspringen, sich nach unten hin in zahlreiche schmale Bänder auflösen und allmählich wieder auslaufen. Sie können aber auch auf dauernd benetzten Flächen fehlen, nämlich dann, wenn sich Gesteinspartien von der Wand loslösten (z. B. durch Abschalung) und die Zeit für die Neubesiedelung noch zu kurz war.

Der Bergsteiger nennt die Tintenstriche « Wasserstreifen », der Kletterer meidet sie; denn er weiß, daß dort das Gestein glitschig, schlüpfrig und darum gefährlich ist. Diese Glitschigkeit rührt von der Vegetation her, insbesondere von den gallertigen Lagern ungezählter Blaualgen, die in ihrer Gesamtheit als eine dunkle, vielfach schwarze Schicht von 1—2 mm Dicke sichtbar ist. Im feuchten Zustand läßt sie sich leicht abnehmen; trocken aber haftet sie als feinste Kruste derart fest auf der Felsoberfläche, daß vielfach alle Mühe, sie abzuheben, umsonst ist. Meist sind die Tintenstriche seitlich scharf begrenzt. Sie zeichnen das Gebiet des Sickerwassers ab, durch welches das Areal der Algenvegetation bestimmt wird (Taf. 9 b).

Tintenstriche von besonders schöner und charakteristischer Ausbildung finden sich im Gebiet der Bernina in allen Höhenlagen zu beiden Seiten des Gletschertales, aber auch an den steilen Wänden des Piz Morteratsch, der Isla Pers und, bis in Höhen von über 3000 m, am Piz Boval. In anderen Untersuchungsgebieten durch die ganze Alpenzone, im Gipfelgebiet der Jungfrau z. B. bis in die Höhe von 4000 m, aber auch im Jura und im Molasseland werden wir Tintenstriche oder ähnliche Erscheinungen in größter Mannigfaltigkeit reichlich vorfinden.

Das Verbreitungsgebiet der Gesteinsalgen erschöpft sich nun nicht in den Tintenstrichen. Auch jede Wasseransammlung, gleichviel ob Gletscher- oder Bergbach, Tümpel oder Pfütze, birgt Algen in reicher Zahl, wenn auch, wie wir sehen werden, die Artenzusammensetzung an so

verschiedenen Wuchsorten recht verschieden und für die ökologischen Verhältnisse des jeweiligen Standortes charakteristisch ist.

Außerhalb der Tintenstriche, also an jenen Stellen der Felswand, welche nicht von Sickerwasser, sondern außer der Taubildung nur von Regen und Schnee und rasch abfließendem Schmelzwasser benetzt werden, ist das Areal der Flechten. Diese sind es, welche den nackten Fels der breiten Felsrücken, Rundhöcker, der kleinen Felsköpfe, Felszähne und der Gesteinssplitter am Berghang und im Tal besiedeln.

In Ritzen und Vertiefungen, in denen wenig Detritus, vom Winde angeweht, liegen bleibt, gesellen sich zu ihnen Moose und, wenn die Vertiefungen und Spalten groß genug und mit einer genügenden Menge von Erdreich ausgefüllt sind, auch Gräser, Weiden und Polsterpflanzen, ja schließlich Sträucher und Bäume. Von dieser Vegetation der Spaltenpflanzen soll in der vorliegenden Arbeit nicht die Rede sein, da sie nicht dem eigentlichen Lebensraum der nackten Felswand angehört, sondern, in Erde wurzelnd, unter ganz anderen ökologischen Verhältnissen steht.

Was also die Vegetation der eigentlichen Lithophyten (Felshafter nach Schröter, Felsaufwohner und Felsinwohner nach Bachmann) anbetrifft, lassen sich in diesem ersten Untersuchungsgebiete der Bernina mit aller Deutlichkeit zwei durch ihre ökologischen Verhältnisse und dementsprechend durch ihre Vegetation durchaus verschiedene Zonen erkennen und unterscheiden :

1. die Zone der Algen: das Gebiet hoher Benetzungsgrade umfassend (Tintenstriche, Sickerwasserstreifen, Abflußbahnen von Regen- und Schmelzwasser);
2. die Zone der Flechten: trockene, nur von Niederschlägen oder unbedeutenden und nur kurze Zeit dauernden Abflüssen von Regen- und Schmelzwasser und von Tau benetzte Stellen bedeckend (Scheitelflächen von Felsmassiven, Felsköpfe und -vorsprünge, Gesteinssplitter usw.).

Im allgemeinen sind diese beiderlei Areale auf dem Gestein voneinander ziemlich scharf getrennt und berühren oder vermischen sich nur in der durch mittlere Benetzungsgrade ausgezeichneten, zwischen ihnen liegenden Grenzzone.

b) Verschiedene Benetzungsstufen

Wie die Art und die Dauer der Benetzung einer Felsfläche darüber entscheiden, ob sich Algen oder Flechten darauf einstellen werden, so lassen sich innerhalb der beiden Areale in den ökologischen Verhältnissen noch weitere Abstufungen und diesen entsprechend auch Verschiedenheiten in der ihnen charakteristischen Vegetation erkennen. Sind es

im trockeneren Gebiet der Flechten hauptsächlich Licht, Oberflächenbeschaffenheit usw., welche die Zusammensetzung der Vegetation in erster Linie bedingen (E. Frey, 1921), so sind es im Areal der Algen in viel weitgehenderem Maße die verschiedenen Stufen in der Menge und in der Dauer der Benetzung.

Im Algenareal lassen sich unter diesem Gesichtspunkte die folgenden Stufen auseinanderhalten :

1. Sturzbäche und kleine Wasserfälle, deren Wasser in zahlreichen Kaskaden von Stufe zu Stufe der senkrecht abfallenden oder mehr geneigten Wand herunterfällt.

Diese Bächlein fließen während der warmen Jahreszeit ununterbrochen; aber auch im Winter, wenn sie vereist sind, sickert zur Zeit der Einstrahlung ein dünner Wasserfilm zwischen der Felsoberfläche und der Eisdecke. Ihr Wasser übersteigt auch im Sommer nur selten die Temperatur von 8—12° C.

Ein solcher kleiner Sturzbach, der auf halbem Wege zwischen der Station Morteratsch und der Bovalhütte aus dem Gebiete des Piz Tschierva (3564 m ü. M.) Schmelzwasser von der Reaktion pH 5,95 ins Tal des Morteratschgletschers hinunterführt (ca. 2—5 Sekundenliter), wurde während der Zeit vom 10. Oktober 1933 bis zum 1. Oktober 1940 mehrmals untersucht. Höhe 2450 m ü. M., E-Exposition, Belichtungsstufe III. Das Gesteinsbett dieses Sturzbächleins mit vielen kleinen Wasserfällen (Material Nr. 199) ist reichlich besetzt mit dunkelbraunen, im Wasser flutenden, halbkugeligen Lagern der Blaualge *Desmonema Wrangelii*. Diese ist durch eine zähe Gallerte am Substrat angeheftet. Ihre Fäden tragen auf der klebrigen Oberfläche der Fadenscheiden eng aneinanderschließende Thalli von *Clastidium setigerum, Chamaesiphon curvatus, Ch. subglobosus* und verschiedenen Kieselalgen und sind davon oft über und über bedeckt. An Aufprallstellen des Wassers auf dem Gestein sind rötliche Polster von *Chantransia pygmaea* zu erkennen. Diese Vegetation bleibt das ganze Jahr hindurch erhalten, während die grünen Algen, wie *Spirogyra punctiformis*, die wir reichlich fruchtend antrafen, und Arten aus den Gattungen *Zygnema, Mougeotia, Ulothrix, Oedogonium* u. a. nur in der warmen Jahreszeit zu größerer Entfaltung gelangen.

Andere derartige Sturzbächlein, die wir im Gebiete des Piz Boval in verschiedenen Höhen bis zu 3000 m ü. M. untersuchten, zeigten im allgemeinen dieselbe Vegetation, deren charakteristischer Bestandteil in *Desmonema Wrangelii* mit seinen Überpflanzen und fädigen Watten von Konjugatenalgen stets zu erkennen ist.

Die wesentlichen Merkmale dieses Biotopes sind also : Benetzung des Gesteins durch andauernd fließendes und oft über kleinere Stufen herunterfallendes, sauerstoffreiches, auch im Sommer kaltes Wasser.

Die Vegetation ist charakterisiert durch Cyanophyceen, Chlorophyceen und Konjugatenalgen, die imstande sind, sich fest auf dem Substrat zu fixieren. Dabei kommen nur eigentliche Hydrophyten, Hygrophyten oder Subaerophyten in Frage, die eine dauernd submerse Lebensweise ertragen.

2. Felsflächen, über die das Regen- und Schmelzwasser nicht bachartig, sondern in einem feinen, ausgeglichenen Film andauernd abfließt.

Solche Standorte, die von der Region des ewigen Schnees in Höhen über 3000 m über Meer bis an den Fuß der steil abfallenden Berge in weiter Ausdehnung zugänglich sind, wurden hauptsächlich im Gebiete des Piz Morteratsch, des Piz Boval und der Isla Pers eingehend untersucht. Die einheitliche dunkle Farbe solcher Felswände verrät auf weite Distanz hin eine geschlossene Vegetationsdecke.

Das Material Nr. 205, welches von einer senkrecht abfallenden und nach E exponierten Granitwand in 2650 m ü. M. am Fuße des Piz Morteratsch stammt (auf Tafel 6 a innerhalb der Einrahmung unterhalb der Bildmitte), das durch Wasser von pH 5,75 benetzt wurde und unter einem der Stufe III entsprechenden Lichgenuß stand, zeigte folgende Artenliste :

Bacillariaceae :

Ceratoneis arcus var. *genuina*
Cymbella ventricosa var. *lunula*
Meridion circulare
Microneis microcephala
Navicula cryptocephala
Navicula Rotaeana
Synedra radians
Nitzschia communis
Pinnularia borealis
Tabellaria flocculosa

Desmidiaceae :

Staurastrum Meriani
Staurastrum Bieneanum var. *elliptica*
Staurastrum dilatatum
Staurastrum orbiculare
Cosmarium Naegelianum

Ulothrichaceae :

Ulothrix zonata

Cyanophyceae :

Nostoc sphaericum
Oscillatoria irrigua
Stigonema minutum

Auf der Bodenfläche kleiner Vertiefungen der Felsoberfläche und auf kleinen Absätzen im Gestein, in Schichtfugen usw. :

Zygnemaceae :

Mougeotia recurva
Zygnema cylindricum
Zygnema sp.

Ein Vergleich dieser Artenliste mit derjenigen des Standortstypus 1 (Material Nr. 199) ist nach mehrfachen Richtungen hin interessant. Die Vegetation des Standortstypus 2, den wir fortan als « dünner Dauerfilm » bezeichnen wollen, ist viel artenreicher als diejenige von Typus 1. Während bei diesem die Kieselalgen eine untergeordnete Rolle spielen und auf Formen beschränkt sind, die sich dank ausgiebiger Ausbildung derber Gallerte auf der Oberfläche der fädigen Algen festzusetzen imstande sind, erlangen sie sowohl hinsichtlich der Arten- als auch der Individuenzahl bei Typus 2 eine hervorragende Bedeutung. Aber auch die Desmidiaceen treten mit fünf reichlich vorhandenen Arten auf, während dieser Formenkreis bei Typus 1 völlig fehlt.

Die Cyanophyceen sind mit drei Arten vertreten; dies sind aber ganz andere als diejenigen, die die charakteristische Vegetation des Typus 1 ausmachen.

Während im erstgenannten Biotop (Sturzbäche) unter den Blaualgen wie auch unter den Grünalgen die fädigen Formen bei weitem vorherrschen, treten diese im zweitgenannten stark zurück. Dafür ergreifen einzellige Algen, insbesondere Desmidiaceen und Bacillariaceen vom Substrat Besitz, während gleichzeitig die Cyanophyceen stark zurücktreten.

Desmonema Wrangelii und dessen Überpflanzen aus der Familie der Chamaesiphoneen fehlen völlig. Diese gehören allesamt in den Lebensraum des verhältnismäßig schnell fließenden Wassers. Dieser Standort ist ihnen zugänglich dank ihrem Vermögen, die Membran zu einer zähen Gallerte zu verquellen und sich solid auf dem Substrat festzusetzen. Diese Fähigkeit ist von geringerem Belange für die Organismen unseres zweiten Standortes, wo das Wasser nicht mit starker Strömung, sondern in einem ausgeglichenen, feinen Film über die Felswand rieselt. Hier genügt zur Anheftung die Adhäsionskraft der kleinen und feinen Algenformen, die wir vor allem unter den Desmidiaceen und Diatomeen vertreten finden.

Die am Standort 2 vorhandenen Zygnemaceen können nicht als für die steile, nackte Felswand typisch angesehen werden. Sie sind durch das ganze Gebiet der Bernina viel reichlicher und üppiger vertreten auf geneigten, wasserberieselten und oft mit Gras bewachsenen Stellen von Fels und Schutthalden.

Pflanzengeographisches Interesse kommt in den besprochenen Beständen hauptsächlich den Zygnemaceen, Desmidiaceen und Diatomaceen zu. *Zygnema cylindricum,* eine durch ihre dunkelgrünen asexuell entstandenen Dauerzellen leicht erkennbare Art, wurde nach Czurda (1932) bisher nur in Nordamerika und in Böhmen beobachtet. Für die Schweiz ist diese Alge also neu. Sie findet sich im Untersuchungsgebiete vielerorts und reichlich vertreten. *Mougeotia recurva,* reichlich fruchtend, stellt für die Schweizer Flora ebenfalls eine Neuerscheinung dar. Unter den Kieselalgen, die von Meister unter andern Autoren im Gebiete der Schweiz recht gründlich untersucht wurden, stößt man weniger auf Neuheiten. Die Arten unserer Liste sind denn auch ohne Ausnahme für das Gebiet der Schweiz bekannt, schließen aber eine Reihe von Seltenheiten wie *Synedra radians* und *Navicula Rotaeana* ein und sind zum großen Teil für hohe Lagen im Gebirge charakteristisch.

Oscillatoria irrigua erlangt stellenweise eine reiche Entwicklung, während die übrigen Cyanophyceen, *Stigonema minutum* und *Nostoc sphaericum,* als weniger typische Beimischung zu werten sind.

Eine Fundstelle, die im Grad der Benetzung und in der Reaktion (pH 5,61) dem Standort Nr. 2 gleicht, sich aber durch geringe Belichtung (Stufe II) von ihm stark unterscheidet, stellte eine unter überhängendem Fels zurücktretende Wand unterhalb der Bovalhütte dar. Am 1. Oktober stellten wir dort folgende Vegetation fest (Material Nr. 239) :

Bacillariaceae :

Caloneis alpestris var. *Grunowii*
Ceratoneis arcus var. *genuina*
Cymbella alpina
Cymbella parva dominierend
Cymbella ventricosa var. *lunula*
Diatoma anceps
Denticula crassula
Diploneis elliptica var. *genuina*
Fragilaria mutabilis
Gomphonema intricatum var. *pumilum*
Melosira Roeseana
Tabellaria flocculosa

Desmidiaceae :

Cosmarium notabile
Staurastrum Bieneanum

Cyanophyceae :

Aphanothece saxicola
Chroococcus minutus
Chroococcus helveticus
Chroococcus turicensis
Gloeothece fusco-lutea
Scytonema mirabile

Clastidium rivulare, epiphytisch auf *Scytonema.*

Cymbella parva dominiert in diesem Material; *Caloneis alpestris* var. *Grunowii* ist daneben am reichlichsten vertreten.

Material Nr. 218, das am 2. Oktober 1939 auf einer ebenfalls grottenartig zurücktretenden Wand unterhalb der Bovalhütte, von überhängenden Felsen überragt, aber etwas stärker als am vorigen Standort belichtet, gesammelt wurde (pH 5,58) ergab folgende Artenliste:

Bacillariaceae:
- *Melosira Roeseana*
- *Tabellaria flocculosa*
- *Eunotia praerupta*

Desmidiaceae:
- *Cosmarium quadratum*
- *Cosmarium pygmaeum*

Zygnemaceae:
- *Zygnema cylindricum*

Cyanophyceae:
- *Aphanothece saxicola*
- *Chroococcus minutus*
- *Cylindrospermum* sp.
- *Tolypothrix distorta*
- *Schizothrix fuscescens*
- *Gloeocapsa sanguinea,* diese in schlecht ausgebildeten Lagern.
- *Cylindrospermum* wurde nur in 2 Exemplaren beobachtet.

Diese Vegetation, die auch anderwärts am lichtarmen Grunde von Höhlen und Grotten zu finden ist, weist als wesentlichen Bestandteil *Chroococcus* in einer oder mehreren Arten auf. Überraschend ist dabei, daß die sonst so lichtliebenden Kieselalgen an so lichtarmen Standorten noch verhältnismäßig reichlich vertreten sind. Wenn es unter den Diatomeen Arten gibt, die schwache Belichtung auf lange Dauer ertragen, so sind darunter wohl in erster Linie die in unserer Liste vereinigten Formen, insbesondere *Melosira Roeseana* und *Tabellaria flocculosa* zu nennen. Die gegenüber Material Nr. 239 gemilderte Lichtarmut am Standort des Materials Nr. 218 kommt im Vorhandensein der drei Konjugatenalgen *Cosmarium quadratum, C. pygmaeum* und *Zygnema cylindricum* wohl am deutlichsten zum Ausdruck.

Bei der Untersuchung der Vegetation andauernd überrieselter, senkrechter Granitwände auf der Isla Pers und am Piz Boval in zirka 3000 m ü. M. erhielten wir Artenlisten, die untereinander und mit denjenigen der Materialien Nr. 205 und zum Teil Nr. 218 sehr weitgehend übereinstimmten. Alle darin vertretenen Arten sind auf ziemlich ununterbrochene Benetzung angewiesen, wenn auch Zygoten und Dauerzellen kürzere oder längere Trockenperioden überdauern mögen.

Von einem in seinen ökologischen Verhältnissen zwischen den unter 1 und 2 genannten Standortstypen stehenden Granitfels am Piz Boval in 2900 m ü. M. stammt Material Nr. 10 A. Es zeigt *Dichothrix gypsophila* als dominierendes Element und reichlich *Zygnema cylindricum.* Beide tragen auf ihren Fäden eine dichte Epiphytenvegetation von *Clastidium*

setigerum, Staurastrum orbiculare und vielen Kieselalgen. *Schizothrix* sp. bildet leicht verkalkte bräunliche Lager, zwischen denen schlecht entwickelte Lager von *Gloeocapsa sanguinea* spärlich eingestreut sind.

Der Bewuchs einer kleinen Steilwand inmitten einer Waldwiese oberhalb der Station Morteratsch (1950 m ü. M.) mag in diesem Zusammenhang ebenfalls Erwähnung finden. Wir beobachteten darin (Mat. Nr. 98; pH 5,80) besonders reichlich entwickelt *Melosira Roeseana* und die Cyanophyceen :

Stigonema minutum
Nostoc sphaericum
Gloeocapsa sanguinea
Microcystis parasitica
Dactylococcopsis rhaphidioides

In diesem Material ist weiterhin eine Grünalge reichlich vertreten, die gewissen Stadien gleicht, die R. Chodat für *Ankistrodesmus pyrenogerus* Chod. angibt. Unsere Alge ist mondsichelförmig gebogen und durch 4—5 Querwände geteilt. Sie gleicht also dem Stadium, das demjenigen der Autosporenbildung bei einer Alge aus dem Formenkreis von *Ankistrodesmus* vorausgeht. Andere als dieses eine Stadium haben wir bei unserer Alge trotz eifrigen Nachsuchens nicht gefunden und glauben darum nicht, daß eine Alge aus der Verwandtschaft von *Ankistrodesmus* vorliege. Eher möchten wir in ihr eine Gattung aus der Reihe der Ulothrichaceen sehen. Doch haben wir für sie bis heute noch keinen Anschluß an eine bekannte Form gefunden und möchten die definitive Benennung ausstellen, bis wir durch weiteres Studium lebenden Materials die Lebensgeschichte dieser Alge besser kennen gelernt haben.

3. Eine weitere Feuchtigkeitsstufe des Standortes stellen Felswände dar, bei denen lange andauernde Perioden der Benetzung durch Niederschläge und Schmelzwasser mit kürzeren Trockenperioden abwechseln.

Es sind dies namentlich Wände, über die bis in den Sommer hinein, das heißt so lange, bis die darüber lagernde Schneekuppe abgeschmolzen ist, Schmelzwasser abfließt. Diese Standorte tragen während der Zeit der Benetzung, also im Frühjahr und Frühsommer, eine zum Teil andere Artenzusammensetzung als im Spätsommer, wenn die Wand trocken ist. Die Materialien Nrn. 204, 206 und 442 bergen die im folgenden beschriebene Vegetation.

Material Nr. 204, am 29. Juli 1933 an einer Steilwand der Isla Pers, einer Felsinsel im Morteratschgletscher, gesammelt; pH 5,72, SW-Exposition, Belichtungsstufe VI.

Gloeocapsa sanguinea
st. *col.*, *Ralfsianus*
st. *col.*, *familiaris lamellosus*
Stigonema minutum
Gloeocapsa compacta
Gloeocapsa atrata
Calothrix parietina
Dichothrix gypsophila
Zygnema cylindricum
Microcystis of. *robusta*
Viele *Diatomaceen* und *Staurastrum* sp.

Gegen Ende des Sommers, also in der Zeit der Trockenheit, fehlen *Zygnema cylindricum, Staurastrum* und die meisten Kieselalgen, während alle Arten der *Cyanophyceen* erhalten bleiben. Diese weisen schon nach der trockeneren Phase, das heißt der Phase periodischer Benetzung und Austrocknung des Standortes hin, während die letzten Vertreter der Liste nach den feuchteren Stufen 1 und 2 hindeuten.

Am Rande des betreffenden Tintenstriches, also da, wo das Wasser früher ausbleibt als in der mittleren Zone, herrscht *Gloeocapsa sanguinea* mit engeren Hüllen vor und geht stellenweise in den st. *magma* über. An solchen Wuchsorten beobachtet man auch schon Lichenisationsanfänge verschiedener Arten der genannten Algen. Auch von diesem dritten Standortstypus mittlerer Feuchtigkeit lassen sich in der Gegend leicht sehr zahlreiche Beispiele mit stets weitgehend derselben Artenzusammensetzung auffinden. Ähnliche Züge wie Material Nr. 204 zeigen z. B. Nrn. 206 und 442, deren Artenlisten in Tabelle 26 nebeneinander und neben Nr. 204 gestellt sind. Material Nr. 206 wurde am 29. Juli 1933 an einer von Schmelzwasser berieselten Granitwand an der Isla Pers gesammelt (pH 5,72, Exposition SW, Belichtung Stufe VI). Material Nr. 442 stammt aus 2800 m Höhe am Piz Boval (pH 5,83, Exposition SE, Belichtung Stufe VI).

In den nun folgenden Vegetationstabellen ist in Form von je zwei Zahlenwerten für jede Art auch die relative Individuenzahl, die Abundanz (erste Zahl) und der Deckungsgrad (zweite Zahl) angegeben. In dieser Art der Bezeichnung folgen wir Braun-Blanquet (1928) und verwenden auch die von diesem Autor vorgeschlagene Stufeneinteilung. Dabei ist den fünf Stufen der Abundanz folgende Bedeutung zugedacht:

5 : die Art ist sehr reichlich vertreten
4 : » » » reichlich »
3 : » » » wenig reichlich »
2 : » » » spärlich »
1 : » » » sehr spärlich »

Unter « Deckungsgrad » verstehen wir in unsern Tabellen den Grad der Flächendeckung, der einer Art entsprechend der Größe ihrer Lager zukommt. Sind in einem Material z. B. *Gloeocapsa sanguinea* (im Dauerzustand) und *Stigonema minutum* mit derselben Individuenzahl (Abundanz beispielsweise 3) gleichzeitig vorhanden, so werden die fädigen Lager der letztgenannten Blaualge in dem von der Vegetation bedeckten Areal ein Vielfaches derjenigen Fläche einnehmen, die von den Zellen der erstgenannten Alge in Anspruch genommen wird. Aus den Zahlenpaaren ergibt sich also ein einigermaßen klares Bild von der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Artenmosaiks.

Tab. 26

Algenarten \ Materialien	204	206	442
Gloeocapsa sanguinea st. *col.*, *Ralfsianus*[1]	3,2	2,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea st. *col.*, *fam. lam.*[2]	1,2		1,2
Gloeocapsa sanguinea st. *col.*, *magma*	+,2		
Stigonema minutum	2,2	2,2	2,2
Gloeocapsa compacta	1,2	1,2	
Gloeocapsa atrata	1,2	1,2	
Gloeocapsa nigrescens			1,2
Calothrix parietina	2,2	2,2	1,2
Dichothrix gypsophila	2,2		
Dichothrix orsiniana			1,2
Zygnema cylindricum	2,2	2,2	2,2
Microcystis cf. *robusta*	1,2		
Microcystis fusco-lutea	1,2		
Gloeocapsa Kützingiana st. *fam. lam.*		1,2	1,2
Gloeocapsa Kützingiana st. *pleurocapsoides*		1,2	
Chroococcus turicensis		1,2	
Melosira Roeseana		2,2	
Eunotia praerupta var. *bigibba*		1,1	1,1
Chamaesiphon minutus		1,2	
Clastidium rivulare			1,2
Tabellaria flocculosa			1,2
Desmonema Wrangelii			2,2
Cosmarium sp.			1,1
Schizothrix Heufleri			1,2
Synechococcus aeruginosus			1,1
Staurastrum sp.	1,1		

[1] status coloratus, Ralfsianus.
[2] status coloratus, familiaris lamellosus.

In diesen Artenlisten ist diejenige Vegetation, die sich im Laufe der langen Periode der Benetzung, während der das Schmelzwasser abfließt, einstellt, vertreten durch die Arten : *Zygnema cylindricum, Desmonema Wrangelii, Chamaesiphon minutus, Clastidium rivulare, Chroococcus turicensis, Microcystis fusco-lutea* und *Microcystis* cf. *robusta, Cosmarium* und *Staurastrum* sp. und die vielen Kieselalgen, von denen nur die repräsentativsten bestimmt wurden. Daß sie in den Materialien Nr. 206 und besonders Nr. 442 reichlicher vertreten sind als in Nr. 204, kann zwei Gründe haben. Der Benetzungsgrad kann bei den Standorten dieser beiden letzteren Materialien höher sein als bei Nr. 204. Wahrscheinlicher aber ist der Zeitpunkt, an dem das Material eingesammelt wurde, für die Reichhaltigkeit der Liste ausschlaggebend. Im Herbst können ja, wie wir sahen, diese Formen, wenigstens zum Teil, bereits verschwunden sein, während sie sich zur Zeit der Schneeschmelze im Höhepunkt ihrer Entwicklung befinden.

Auf einen Rhythmus von Perioden der Benetzung und der Trockenheit deuten namentlich die Cyanophyceen hin, die wir als Aerophyten kennen lernten. Die Weite ihrer Gallerthüllen, namentlich in den verschiedenen Entwicklungszuständen von *Gloeocapsa sanguinea*, läßt den Grad der Benetzungsdauer innerhalb des Standortstypus erkennen. So läßt die Dominanz des st. *Ralfsianus* in allen drei Materialien untrüglich auf eine lange Dauer der Benetzung und dementsprechend kürzere Perioden der Trockenheit schließen.

4. Standorte, an denen durch das ganze Jahr mehr oder weniger gleich lange Perioden der Benetzung und der Trockenheit aufeinander folgen.

Das Wasser, das den Fels befeuchtet, stammt in diesen Fällen weniger aus Schneegebieten in höheren Lagen als vielmehr aus Erdansammlungen, die nach Regengüssen Wasser in geringen Quantitäten während längerer oder kürzerer Zeit an die tieferliegende Wand abgeben, oder es ist Sickerwasser, das aus Ritzen und Spalten an die Oberfläche tritt. Die dieser Benetzungsstufe zugehörigen Materialien, die am 2./3. Oktober 1939 auf Tintenstrichen steiler Felswände der linken Talseite zwischen den Höhenlagen von 3200 m am Piz Boval und 1900 m oberhalb der Station Morteratsch gesammelt wurden, ergaben die in Tab. 27 zusammengestellten Artenlisten. Die Materialien stammen von folgenden Stellen :

Tab. 27

Algenarten \ Materialien	235	224	210B	209	227	211	216	233	217
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *Ralfsianus*	3,2	4,2	2,2	2,2	4,2	5,2	2,2	3,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *fam. lam.*	2,2	1,2	2,2	1,2		1,2	2,2		3,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *Ralfsianus*								1,2	
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *fam. lam.*	1,2								2,2
Gloeocapsa nigrescens	2,2	1,2	2,2	1,2	2,2		1,2		
Stigonema minutum	1,2	2,2	3,2	3,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
Calothrix parietina	2,2		2,2			1,2	2,2	2,2	2,2
Gloeocapsa Kützingiana, st. *fam. lam.*	1,2	1,2						2,2	1,2
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*									2,2
Dichothrix orsiniana		2,2				1,2		2,2	
Dichothrix gypsophila					2,2				
Schizothrix Heufleri	1,2	2,2							
Tolypothrix penicillata		1,2							
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*			2,2					1,2	
Microcoleus vaginatus							1,2		

Nr. 217 : aus 3200 m ü. M. am Piz Boval, E-Exp.
Nr. 209 : aus 2510 m ü. M. unterhalb der Bovalhütte, S-Exp. pH 5,6
Nr. 227 : aus 2400 m ü. M. unterhalb der Bovalhütte, E-Exp. pH 5,9
Nr. 224 : aus 2350 m ü. M. unterhalb der Bovalhütte, SE-Exp. pH 5,7
Nr. 211 : aus 2350 m ü. M. unterhalb der Bovalhütte, E-Exp. pH 5,8
Nr. 216 : aus ca. 2300 m unterhalb der Bovalhütte, E-Exp. pH 5,8
Nr. 233 : aus ca. 2200 m auf halbem Wege zwischen Bovalhütte und Station Morteratsch pH 6,3
Nr. 235 : aus ca. 2200 m, unweit Nr. 233, E-Exp. pH 6,1
Nr. 210 B aus 1900 m ü. M. im Rückzugsgebiet des Gletschers, SE-Exp.

In sämtlichen Listen dieser Tabelle erscheint *Gloeocapsa sanguinea* als die dominierende Form. Sie liegt in drei verschiedenen Entwicklungszuständen vor, entsprechend dem Benetzungsgrad und der Reaktion des Standortes. Erreicht die Feuchtigkeit den höchsten, innerhalb des Standortstypus 4 möglichen Grad, so liegt, wie zu erwarten ist, diese Art in ihrer weitesthülligen Form, dem st. *Ralfsianus,* vor, während in allen Fällen, wo der Benetzungsgrad die untere Grenze erreicht, die engerhüllige Form, die wir als st. *col., fam. lam.* in der Tabelle aufgeführt haben, vorherrscht. Es ist zu erwarten, daß die Farbe der

Hüllen rot sein wird in einem Gebiet, dessen Reaktion tief, d. h. im allgemeinen unter 6,5 liegt, während die Hüllen in violetter Färbung erscheinen werden, sobald die Reaktion höhere Werte erreicht. An Standorten mittlerer pH-Werte werden beide Hüllenfärbungen vermischt vorliegen. Diese aus dem Verhalten des Hüllenfarbstoffes zu erwartenden Tatsachen liegen in unseren Materialien wirklich vor. Aus der reichlichen Vertretung von *Gloeocapsa sanguinea* im *Ralfsianus*-Zustand in sämtlichen Materialien sehen wir den hohen Feuchtigkeitsgrad der Standorte, denen diese Materialien entnommen sind. In ihnen sind z. T. neben den Lagern mit sehr weiten Hüllen auch engerhüllige Zustände der in Frage stehenden Art vorhanden; sie erreichen aber wesentlich geringere Entfaltung. Bei Nrn. 227 und 233 fehlen sie völlig.

Aber auch der Einfluß der Reaktion des den Algenbestand benetzenden Wassers drückt sich in den vorliegenden Listen aus. So namentlich in Nrn. 235 und 217, in denen neben rothülligen auch violetthüllige Lager auftreten. Auch diese können durch engere oder weitere Hüllen ihrerseits wiederum den Feuchtigkeitsgrad ausdrücken. So ist namentlich Nr. 233 in dieser Hinsicht aufschlußreich, indem die «Ralfsianus-Form» sowohl bei den rot als auch bei den violett gefärbten Zuständen verwirklicht ist.

Außer *Gloeocapsa sanguinea* ist keine Art in sämtlichen Materialien vertreten. Doch kehrt *Stigonema minutum* in 8 von 9 Materialien wieder, und zwar in so starker Vertretung, daß auch diese Art als für die in Frage stehende Gesellschaft charakteristisch angesehen werden muß. Tatsächlich ist sie in allen Materialien vertreten, die durch den Benetzungsgrad des Standortstypus 4 und tiefe pH-Werte gekennzeichnet sind. Wenn sie einmal fehlt, so ist nach unserer Erfahrung die zu wenig saure Reaktion schuld. Wir werden später sehen, daß *Stigonema minutum* zu den wenigen Gesteinsalgen gehört, die basisches Substrat strikte meiden und darum im Kalkgebiet unter den normalen Verhältnissen nicht angetroffen werden. Diese ausgesprochene Bevorzugung des sauren Substrates kommt auch in unserer Tabelle zum Ausdruck. Überall da, wo *Stigonema minutum* fehlt, ist violetthüllige *Gloeocapsa sanguinea* vorhanden. Nur zweimal in Nrn. 235 und 233 sind beide, d. h. violetthüllige *Gloeocapsa sanguinea* und *Stigonema minutum* in demselben Material gleichzeitig vertreten, beide aber in dem geringsten Grad der Entfaltung, so daß wir wohl annehmen dürfen, es liege ein Grenzfall vor, also ein pH-Wert, den eben noch das eine wie auch das andere Element zu ertragen vermöge.

In unserem Standortstypus 4 gelangen weiterhin zu ansehnlicher Entfaltung, ohne freilich immer vertreten zu sein: *Gloeocapsa nigrescens* (in 6 von 9 Materialien), *Calothrix parietina* (ebenfalls 6mal vor-

handen), *Gloeocapsa Kützingiana* (4mal vertreten). Diese Alge liegt in der mittelweithülligen und in der enghülligen Form der Dauersporen, d. h. im st. *pleurocapsoides* vor.

Die charakteristische Vegetation des Standortstypus 4 besteht also ausgesprochenermaßen aus Aerophyten, die längere Perioden der Trockenheit zu ertragen vermögen, und dies sind in erster Linie Cyanophyceen. In unsern Listen stellen sie die gesamte Vegetation. Nun wird man bei genauem Zusehen immer spärliche Keime von Grünalgen, Kieselalgen, Bakterien usw. finden. Sie dürften aber nur an zeitlich eng begrenzte Perioden, namentlich an solche der Benetzung des Gesteins gebunden sein.

5. Innerhalb des Gebietes der Tintenstriche stellen jene Felsstellen die trockenste Phase dar, wo die Perioden der Trockenheit diejenigen der Benetzung an Dauer um ein bedeutendes übertreffen. Aber auch sie empfangen außer den Niederschlägen, wenn auch verhältnismäßig spärlich, zeitweise Riesel- oder Sickerwasser.

In der Zusammensetzung der Vegetation unterscheiden sich die Feuchtigkeitsstufen 4 und 5 nur unwesentlich voneinander. In Tabelle 28 sind die Artenlisten von 14 solchen, durch das ganze Untersuchungsgebiet verstreut liegenden Standorten zusammengestellt. Diese Listen zeigen, daß eine nur verhältnismäßig geringe Zahl von Arten diese Vegetation ausmacht. Dabei handelt es sich ausschließlich um Blaualgen. Unter ihnen dominiert über alle andern Arten wiederum *Gloeocapsa sanguinea*. Diese ist auch hier in sämtlichen Materialien sehr reichlich vertreten und zeigt sich entsprechend den lokalen ökologischen Verhältnissen in verschiedenen Entwicklungszuständen. In Übereinstimmung mit der geringen Benetzungsdauer der Standorte auf dem Granitgestein herrschen die Lager mit rot gefärbten, mittelweiten Hüllen entschieden vor. Sie sind in allen Materialien vertreten, und in 8 von den 14 Listen übertreffen sie alle anderen Zustände an Individuenzahl. Die Lager mit sehr weiten Hüllen, die dem st. *Ralfsianus* entsprechen, fehlen überall. Dagegen treten in 8 von den 14 Materialien neben den Zuständen mit mittelweiten Hüllen solche mit eng anliegender Gallerte, also Entwicklungszustände, die wir als st. *magma* bezeichneten, auf. Dabei erreichen diese in 6 Materialien dieselbe Stärke der Entfaltung wie die Lager mit mittelweiten Hüllen.

Aus diesen Vergleichen geht also hervor, daß, wie in der Benetzungsstufe 4, auch im Standortstypus 5 *Gloeocapsa sanguinea* als die eigentliche Charakterart angesehen werden muß. Nur das Verhältnis

Tab. 28

Algenarten \ Materialien	214	210 A	213	225	226	234	241	208	208 A	146	239	215	223	313
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *fam. lam.*	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	4,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *magma*	1,2		2,2				2,2	2,2	2,2	2,2		1,2	2,2	
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *fam. lam.*						2,2				1,2		1,2		
Gloeocapsa nigrescens	1,2	2,2	1,2	2,2	1,2		1,2				1,2		1,2	
Gloeocapsa Kützingiana st. *fam. lam.*							1,2	1,2		1,2	1,2		1,2	
Gloeocapsa dermochroa . . .	1,2											1,2		
Gloeocapsa Itzigsohnii	1,2													
Stigonema minutum	1,2	2,2	2,2	2,2	2,2	1,2		2,2	2,2	2,2				
Calothrix parietina	1,2	1,2	1,2	1,2		1,2					1,2			1,2
Dichothrix orsiniana				1,2	2,2	1,2							1,2	
Schizothrix Heufleri					2,2		1,2	1,2					1,2	
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*		1,2						1,2			1,2			
Chamaesiphon polonicus . . .	1,2													1,2
Chlorogloea microcystoides . .								1,2						
Gloeocapsa compacta								1,2						

ihrer Entwicklungszustände zeigt sich verschoben. In Übereinstimmung mit der geringeren Benetzungsdauer treten die weithülligen Formen zurück vor denjenigen mit mittelweiten und mit sehr eng anliegenden Hüllen. Dieses Merkmal der Hüllenweite ist ein so zuverlässiger Ausdruck des Feuchtigkeitsgrades des Standortes, daß aus ihm auf die ökologischen Verhältnisse des Wuchsortes zurückgeschlossen werden kann, d. h. daß man aus der Beschaffenheit der Hüllen auf die Lebensbedingungen schließen kann, unter denen die betreffenden Algen heranwuchsen. Der Entwicklungszustand der *Gloeocapsa sanguinea* läßt die Abgrenzung ziehen zwischen den Standortstypen 4 und 5. Wo der st. *Ralfsianus* vorherrscht oder doch deutlich vertreten ist, dürfte im allgemeinen der Benetzungsgrad 4 vorliegen; wo dagegen st. *col.*, *fam. lam.* oder gar st. *magma* vorherrscht, da sehen wir den Benetzungsgrad 5.

Daß auf dem Granit neben rothülliger *Gloeocapsa* dreimal auch die violetthüllige Form auftrat, ist auf die weniger saure Reaktion der betreffenden Mikrostandorte zurückzuführen. Da diese aber zu den Zeiten, da wir im Untersuchungsgebiet weilten, nie so stark benetzt waren, daß zum Zwecke der pH-Bestimmung Riesel- oder Sickerwasser in genügender Menge hätte gewonnen werden können, so kann die Richtigkeit unserer diesbezüglichen Auffassung für die genannten drei Fälle vorläufig nicht bewiesen werden.

Neben *Gloeocapsa sanguinea* ist *Stigonema minutum* am reichlichsten vertreten. Diese Blaualge, der in den Listen des Benetzungstypus 4 neben *Gloeocapsa sanguinea* die größte Bedeutung zukommt, ist auch in den 14 Listen unserer Tabelle 9mal vertreten. Sie tritt also keineswegs zurück an den trockeneren Standorten des Benetzungstypus 5, sondern gehört mit zu denjenigen Algen, die im Ertragen langer Trockenperioden am weitesten gehen.

Eine noch größere Bedeutung als für den Benetzungstypus 4 kommt im Typus 5 der violetthülligen *Gloeocapsa nigrescens* zu. Diese tritt in den 14 Materialien 8mal auf und erreicht dabei 2mal den Deckungsgrad 2. Auch *Calothrix parietina* finden wir in unseren Listen 7mal wieder, *Dichothrix orsiniana* 4mal und *Schizothrix Heufleri* 4mal; *Gloeocapsa Kützingiana* wurde 5mal notiert.

Gegenüber Standortstypus 4 fehlen bei Typus 5 drei Arten; zunächst *Dichothrix gypsophila*; doch möchten wir dieser Tatsache wenig Bedeutung beimessen. Es scheint uns wahrscheinlich, daß *Dichothrix orsiniana* und *D. gypsophila* zusammengehören und daß die verschiedene Ausbildung der Gallertscheiden, durch die sich die beiden hauptsächlich unterscheiden, auf verschiedene Standortseinflüsse zurückzuführen ist. Sodann fehlen *Tolypothrix penicillata* und *Microcoleus vaginatus*. Beide

dürften an den Standort höherer Feuchtigkeit gebunden sein, wodurch sich ihr Ausbleiben in den Materialien des Typus 5 hinreichend erklärt. Neu treten auf: *Gloeocapsa dermochroa* und *Gloeocapsa Itzigsohnii*. Namentlich die letztere zeigt sich auch in den Materialien anderer Untersuchungsgebiete weitgehend an sehr trockene Standorte gebunden.

c) Tintenstriche in Höhen von 2700—3100 m ü. M.

Die höchstgelegene Stufe des untersuchten Gebietes zwischen Bovalhütte (2500 m ü. M.) und den steil abfallenden Wänden unterhalb der Schneekuppe des Piz Tschiervas (ca. 3200 m ü. M.) erscheint dem Auge außerordentlich vegetationsarm. Auf ausgedehnten Flächen ist keine Spur pflanzlichen Lebens zu erkennen, während stellenweise, ausgehend von verhältnismäßig spärlichen Austrittstellen von Sickerwasser, einige dunkle Tintenstriche von geringer Ausdehnung sichtbar sind. Außerhalb ihres Bereiches erkennt man überdies da und dort in Vertiefungen der Felswand schmächtige Moosrasen und über den feinen Ritzen und Spalten die winzigen schwarzen Fruchtkörper der Flechte *Lecidea confluens*.

Das Vorhandensein dieser, wenn auch wenig ausgedehnten Tintenstriche lehrt uns, daß nicht die Höhenlage für die Vegetationsarmut des Gesteins verantwortlich ist. Wo während genügend langer Zeit Sickerwasser austritt, findet auch bis in die höchsten Lagen hinauf eine Reihe von Algen ihr Auskommen, was in den Tintenstrichen zum Ausdruck kommt. Daß der Fels allgemein in hohen Lagen nicht dichter besiedelt ist, beruht einerseits auf der verhältnismäßig großen Trockenheit der der Vegetation zugänglichen Substrate und anderseits auf der raschen Erosion, durch die die Gesteinsoberfläche schneller erneuert wird, als eine Vegetation sich auf ihr anzusiedeln imstande ist.

Von zahlreichen in diesem Gebiet untersuchten Stellen sind in Tabelle 29 die Artenlisten von 5 Materialien zusammengestellt. Diese wurden an folgenden Standorten gesammelt:

Nr. 217,	hellgrauer	Tintenstrich	in 3100 m ü. M.	E-Exp.	am	Piz	Boval
Nr. 214 A,	dunkelgrauer	»	in 3100 m ü. M.	S-	»	»	»	»
Nr. 210,	»	»	in 3080 m ü. M.	W-	»	»	»	»
Nr. 215 A,	»	»	in 3000 m ü. M.	S-	»	»	»	»
Nr. 213 A,	»	»	in 2700 m ü. M.	SE-	»	»	»	»

Nr. 214A zeigte eine Reaktion von pH 5,8, Nr. 215 eine solche von pH 6,5; an den übrigen Probeentnahmestellen konnte die Reaktion nicht bestimmt werden. Alle diese Wuchsorte stehen unter hohem Lichtgenuß. Sie können in dieser Hinsicht zur Stufe V, Nr. 214 A, sogar zur Stufe VI gerechnet werden.

Tab. 29

Algenarten \ Materialien	217	214 A	210	215 A	213 A
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.*	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., magma* . .	2,2	1,2	1,2	1,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, perdurans*				1,2	
Gloeocapsa nigrescens	1,2	1,2	1,2		1,2
Gloeocapsa Kützingiana, st. *fam. lam.* .		1,2			
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*	1,2				
Gloeocapsa dermochroa	1,2			1,2	
Stigonema minutum	2,2		1,2		1,2
Calothrix parietina		1,2	1.2		1,2
Scytonema myochrous, st. *crustaceus* . .			1,2		

Wir ersehen aus dieser Tabelle, daß die Zahl der vertretenen Arten gering ist. Sie beschränkt sich auf 7. Diese Verarmung gegenüber den Standorten in geringerer Höhenlage spiegelt aber nicht den Einfluß der großen Höhe über Meer, sondern die ökologischen Verhältnisse, insbesondere die geringe Feuchtigkeit, die kurze Dauer, während der das Sickerwasser den Fels benetzt, wider.

Gegenüber den für die Feuchtigkeitsstufe 4 angeführten Standorten ist in den höchsten Lagen in der Vegetation nur ein gradueller Unterschied vorhanden. Es sind dieselben Arten vertreten, denen wir auch in der Benetzungsstufe 4 begegneten. In den höchstgelegenen Tintenstrichen mit extrem kurzer Benetzungsdauer sind die Charakterarten der Algengesellschaft trockenster Felsstandorte sauren Gesteins gleichsam konzentriert vertreten. Alle Arten, die diese Trockenheit nicht zu ertragen imstande sind, sind nicht zur Entwicklung gelangt. Hätten wir aber in diesen höchsten Lagen Wuchsorte, die hinsichtlich ihrer Benetzungsdauer unter Typus 4 oder einem Typus mit noch höherer Feuchtigkeit einzureihen wären, so würden wir zweifellos auch bei 3000 m ü. M., namentlich was die Blaualgen anbetrifft, weitgehend dieselbe Artenliste finden, wie wir sie in Höhen um 2000 m ü. M. beobachteten.

d) Die Entstehung der Tintenstriche

In unserm Untersuchungsgebiet läßt sich der Vorgang der Felsbesiedelung ebenso gut verfolgen in der am höchsten gelegenen Zone von rund 3000 m ü. M., wo dank der für die Gipfelregionen charakteristischen raschen Erosion meist junge Felsoberflächen anstehen, wie

auch in dem tiefstgelegenen Rückzugsgebiet des Morteratschgletschers. Hier wurden im Laufe der letzten 100 bis 200 Jahre an ganzen Felsmassiven schrittweise neue Flächen der Besiedelung freigegeben, nicht durch Erosionswirkung, sondern infolge des allmählichen Rückzugs des Gletschers.

Solche Verhältnisse zeigt besonders deutlich das reichgegliederte Rundhöckermassiv auf der linken Talseite zwischen Station Morteratsch und dem heutigen Gletscherrand. Beim ersten Anblick tritt einem der Fortschritt in der Besiedelung vor Augen in der Ausdehnung und Färbungsintensität der Tintenstriche, die beide mit der Entfernung vom Gletscherrand und mit der Höhenlage, also mit der längeren Dauer der eisfreien Zeit dieser Felsflächen zunehmen. In einer bestimmten Entfernung vom heutigen Gletscherrand waren es ja zunächst die höher gelegenen Felsmassive, die vom Eise befreit wurden, und erst allmählich schmolz auch von den tiefer gelegenen und zuletzt von den unmittelbar über dem Talboden anstehenden Felsen das Eis ab.

Seit vielen Jahren verfolgt die Gletscherkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft die Veränderungen, d. h. den Rückzug, bzw. das Vorstoßen des Morteratschgletschers, und seit 1878 werden markante Rückzugsstadien durch Jahreszahlen auf Gesteinssplittern, die der Gletscher absetzt, markiert. So läßt sich an Ort und Stelle ersehen, seit wieviel Jahren eine Felsoberfläche der Besiedelung ausgesetzt war. Eine Wand, die z. B. wenige Meter seitlich der Marke « 1878 » ansteht, wurde im Jahre 1878, also vor rund 65 Jahren, vom Eise befreit. Seit diesem Zeitpunkt hatte die Vegetation Gelegenheit, auf den Felsen Fuß zu fassen. Andere Stellen wurden erst später der Besiedelung freigegeben, nämlich um so später, je näher sie sich dem heutigen Gletscherrand befinden. Die Vegetation solcher jüngster Tintenstriche und Sickerwasserstreifen ist in den Artenlisten der Tabelle 30 zusammengestellt. Die dabei berücksichtigten Materialien stammen von folgenden Wuchsorten :

Nr. 239 A, dunkler Tintenstrich am Felsmassiv auf der Höhe der Marke « 1878 » in 1,5 m über dem Talboden. Die untersuchte Stelle stand also seit etwa 65 Jahren der Besiedelung offen.

Nr. 310 A, dunkel-rotvioletter Tintenstrich auf der Höhe der Marke « 1878 », in etwa 6 m über dem Talboden.

Nr. 313, Tintenstrich von rotvioletter Farbe auf einer senkrechten, etwa 2,5 m hohen Wand zunächst dem heutigen Gletscherrand (Fels seit etwa 30 Jahren eisfrei).

Nr. 143, Sickerwasserstreifen von rotvioletter Farbe an einer fast senkrecht abfallenden Wand zunächst dem Gletscherrand, zirka 10 m über dem Talboden.

Nr. 311, rotbrauner Rieselwasserstreifen auf der halbkugelig gerundeten Oberfläche eines mächtigen Rundhöckers, etwa 12 m über dem Talboden.

Nr. 238, wie 311, aber tiefer gelegen, etwa 5 m über dem Talboden.

Nr. 241 A, wie 311, aber in größerer Entfernung vom Gletscherrand.

Tab. 30

Algenarten \ Materialien	143	238	239 A	241 A	310 A	311	313
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *fam. lam.*			2,2			1,2	4,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *magma*	2,2	1,2		2,2	1,2		
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus, fam. lam.*	1,2				1,2	2,2	
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus, perdurans*	2,2						
Gloeocapsa Kützingiana, st. *fam. lam.*	1,2				1,2		
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*	1,2		2,2	1,2		1,2	
Gloeocapsa nigrescens			1,2	1,2			
Schizothrix Heufleri				1,2			
Calothrix parietina	2,2	1,2	1,2	2,2	1,2	1,2	1,2
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*			1,2				
Chamaesiphon polonicus		1,2			2,2		
Siphononema polonicum, st. *chamaesiphonoides*		4,2					
Chlorogloeoa microcystoides				1,2			2,2

Auch diese jüngste Felsvegetation wird, wie aus der vorstehenden Tabelle hervorgeht, ausschließlich durch Blaualgen bestritten. Unter diesen herrschen zwei Arten, *Gloeocapsa sanguinea* und *Calothrix parietina*, deutlich vor. Sie sind in allen Materialien vertreten, die erstere wiederum in ihren für Standorte mit langen Trockenperioden charakteristischen Stadien mit mittelweiten und eng anliegenden Hüllen und anderseits, entsprechend der Reaktion des Sickerwassers, in roter oder violetter Hüllenfärbung.

Die berücksichtigten Standorte lassen sich nicht ohne weiteres in eine der fünf für gut ausgebildete Vegetation aufgestellten Benetzungsgrade einreihen. Am ehesten gehören sie zu Stufe 5. Während der Zeit der Benetzung (insbesondere Schneeschmelze) ist aber die Wasserfüh-

rung etwas stärker, das Wasser nicht langsam abtropfend, sondern mit ziemlich starker Strömung fließend. Diesem Umstand ist wohl das Auftreten von *Siphononema polonicum* und *Chamaesiphon polonicus* sowie dasjenige von *Chlorogloea microcystoides* zuzuschreiben. Auffallend ist, daß *Stigonema minutum* fehlt; diese Art scheint nicht zu den ersten Ansiedlern zu gehören.

Auf der rechten Talseite, wenig oberhalb der Station Morteratsch, stehen ebenfalls mächtige, vom Gletscher abgeschliffene Rundhöcker und, etwas höher gelegen, bis zu 20 m hohe, steil abfallende Granitwände an. Beide sind, verglichen mit den Rundhöckern und Felswänden der gegenüberliegenden Talseite, um Jahrhunderte früher vom Gletschereis befreit worden.

Dies zeigt sich deutlich in ihrer Vegetation. Die Rundhöcker sind mit Flechten über und über bedeckt, und von weither erkennt man die gelbgrünen Flecken von *Rhizocarpon geographicum*. Das Gestein ist kompakt, und außer dem oberflächlich abfließenden Regen- und Schmelzwasser besitzt der Fels keine Wasserreserven. Für eine Algenvegetation ist darum auf ihm kein Platz. Anders verhalten sich die Steilwände, die auf ihrer oberen Kante von Wald bestanden und von Klüften und Rissen reichlich durchzogen sind. Aus diesen tropft Wasser ununterbrochen ab, und so ist es nicht verwunderlich, daß diese Wände von einem sehr dichten Belag der uns bereits bekannten Algenvegetation bedeckt sind.

Auf diesen Steilflächen sind namentlich die Benetzungsstufen 3 und 4 verwirklicht. Das Sickerwasser zeigt mit pH-Werten von 5,07, 5,12 und 5,18 unter allen von uns untersuchten Wuchsorten die sauerste Reaktion. Die Vegetation (Mat. Nrn. 22—24) ist dieselbe, wie wir sie unter ähnlichen ökologischen Verhältnissen im Gebiet des Piz Morteratsch und des Piz Boval beobachteten. Immer ist es *Gloeocapsa sanguinea* im st. *Ralfsianus* und im Zustande mittelweiter Hüllen, die über allen anderen Algen dominiert. Daneben sind *Stigonema minutum* und seine Begleiter in geringerer oder größerer Dichte vertreten. An manchen Stellen aber begegneten wir *Gloeocapsa sanguinea* in fast reinem Bestande. Sie bedeckt dort in 1—2 mm dicker, weicher Kruste den Fels und kann leicht mit dem Messer abgenommen werden. Diese reinsten Bestände, die wir auf allen unsern Exkursionen begegneten, dienten denn auch als Ausgangsmaterial für die Untersuchungen, die unser Schüler *N. Gemsch* zum Studium des roten Hüllenfarbstoffes, des Gloeocapsins, durchführte.

An einigen Stellen gelangen *Scytonema myochrous, Scytonema mirabile* und *Petalonema alatum* zu reichlicher Entwicklung. In einem früheren Kapitel haben wir unsere Auffassung begründet, daß diese (zum mindesten aber die erste und die letzte) in drei distinkten Arten ausein-

andergehaltenen Blaualgen Entwicklungszustände einer und derselben Art *(Scytonema myochrous)* darstellen. Sie unterscheiden sich einzig durch den Bau und die Weite ihrer Gallertscheiden, und diese Verschiedenheit ist auf den höheren oder geringeren Benetzungsgrad des Standortes zurückzuführen.

Die Üppigkeit, in der in unserm Untersuchungsgebiet die Algenvegetation vorliegt, ist ein getreues Abbild für die lange Dauer, während der eine Felswand vom Eise befreit war, und die Rückzugsstadien des Morteratschgletschers lassen sich mit großer Deutlichkeit aus der Ausbildung der Tintenstriche herauslesen. Daß dabei nicht ein absoluter Maßstab angewandt werden kann, liegt auf der Hand, da ja Lokalklima und Benetzungsverhältnisse dabei eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Das Studium der Vegetation auf den Felswänden des Bernina-Morterasch-Gebietes hat uns gelehrt, daß die Gesellschaft der Algen und Flechten in ihrer Zusammensetzung in sehr hohem Maße vom Benetzungsgrad der Wuchsstelle abhängig ist. Diese Vegetation zeigt eine so feste Fügung der charakteristischen Arten, daß schon aus der bloßen Kenntnis der Benetzungsverhältnisse auf die Zusammensetzung der Mikrophytenflora der Gesteinsoberfläche geschlossen werden kann, wie umgekehrt die ökologischen Verhältnisse der Wuchsorte sich in deren Algenvegetation erkennen lassen.

2. *Bei Bivio*

Auf der linken Talseite, hoch über dem Flüßchen, welches, vom Stallerberg herkommend, im unteren Teil des Dorfes Bivio (Kanton Graubünden) in die Julia einmündet, erhebt sich in einer Höhe von zirka 2100 m ü. M. eine Steilwand aus Prasinit. Sie ist wohl 100—200 m hoch, etwa 300 m breit und nach S-SE exponiert. Der nackte Fels, bis weit in den Frühling hinein mit Schnee bedeckt, ist stellenweise bröckelig, und die Rinnsale des Schmelzwassers haben tiefe Furchen ins Gestein eingefressen. Ausgedehnte Flächen der Wand wurden infolge rascher Erosion erst in neuerer Zeit freigelegt, während andere Felspartien, wohl seit Jahrhunderten von Menschenhand unberührt und durch Verwitterung und Steinschlag kaum verändert, der Besiedelung offen stehen.

Auch in diesem Untersuchungsgebiet wurde die Vegetation zahlreicher Wuchsorte verschiedener Benetzungsgrade untersucht.

Dabei fanden besondere Berücksichtigung:

1. alte, von Sickerwasser während langer Dauer benetzte Flächen mit gut entwickelten Tintenstrichen,
2. alte, während längerer Dauer trocken liegende Wände,

3. junge Gesteinsflächen, die zeitweise, namentlich zur Zeit der Schneeschmelze und nach Regengüssen, benetzt werden,
4. junge Flächen, die von Niederschlägen und Sickerwasser nicht berührt werden.

Die unter den Benetzungsgraden 1 und 2 genannten Standorte des Morteratsch-Gebietes, also Sturzbäche und andauernd von einem dünnen Wasserfilm berieselte Wände fehlen im Untersuchungsgebiete von Bivio.

Drei gut ausgebildete Tintenstriche mittleren Feuchtigkeitsgrades, d. h. mittlerer Benetzungsdauer, ergaben aus je zehn untersuchten Proben die in den Kolonnen 1—4 der Tabelle 31 aufgeführten Artenlisten. Vergleichen wir diese mit denjenigen aus dem Gebiete von Morteratsch, so zeigt sich eine sehr weitgehende Übereinstimmung mit den Materialien der Tabellen 26 und 27.

Tatsächlich entsprechen unsere Tintenstriche von Bivio in ihrer Ökologie ungefähr denjenigen der Benetzungsstufe 5 im Morteratsch-Gebiet; auf verhältnismäßig kurze Perioden der Benetzung folgen längere Zeiten der Trockenheit. Lichtklimatisch ordnen sich alle untersuch-

Tab. 31

Materialien / Algenarten	453	454	352	455
pH	6,31	6,51	6,86	6,54
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.*	2,2	1,2	2,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., magma*	4,2	2,2	2,2	
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, fam. lam.*			2,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, perdurans*	1,2	2,2	4,2	1,2
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*			1,2	1,2
Gloeocapsa Shuttleworthiana			2,2	
Scytonema myochrous		2,2	1,2	
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*	1,2		1,2	
Tolypothrix sp.	2,2			
Stigonema minutum			1,2	
Synechococcus maior		1,2		1,2
Nostoc microscopicum	2,2	2,2		1,2
Dichothrix Meneghiniana		2,2		2,2
Plectonema sp.			1,2	

ten Wuchsorte in die Stufen III und IV ein. Dieser weitgehenden Übereinstimmung in den ökologischen Verhältnissen der beiderlei Arbeitsgebiete entspricht auch eine ähnliche Zusammensetzung der Flora.

Wie dort dominiert hier *Gloeocapsa sanguinea* in ihren enghülligen Dauerzuständen, wobei das eine Mal die rothülligen, das andere Mal die violetthülligen Formen vorherrschen. Wenn daneben auch Kolonien mit weiteren Hüllen (st. *fam. lam.*) vorliegen, so entsprechen diese jenen engbegrenzten Stellen des Substrates, z. B. Vertiefungen, die hinsichtlich der Benetzung etwas günstiger gelegen sind und also im Genusse höherer mittlerer Feuchtigkeit stehen.

Gloeocapsa Kützingiana liegt nur im Zustande der Dauerzellen vor. In *Gloeocapsa Shuttleworthiana* mit ihren orangerot gefärbten Hüllen tritt ein neues Element in Erscheinung, dem wir im Morteratsch-Gebiet nicht begegneten.

Unter den fädigen Formen erreichen *Scytonema myochrous* st. *typicus* (Mat. Nrn. 454 und 352) und st. *crustaceus* (Nrn. 453 und 352), *Dichothrix Meneghiniana* (Nrn. 454 und 455) und *Tolypothrix* sp. (Nr. 453) größere Entfaltung. Die letztere Alge läßt sich in keiner der bis heute beschriebenen Arten unterbringen; zur Neubeschreibung aber ist das Material in nicht genügend gutem Zustande erhalten und muß zur endgültigen Bestimmung einer späteren Arbeit vorbehalten werden.

Auffallend ist die geringe Entwicklung von *Stigonema minutum*, das in den Kolonnen 1, 2 und 4 der vorstehenden Tabelle fehlt, in der dritten Kolonne (Mat. Nr. 352) dagegen, wenn auch nicht stark, so doch deutlich vertreten ist. Auf Grund der an anderen Orten gewonnenen Erkenntnisse möchten wir diesen Tatbestand durch die verhältnismäßig wenig saure Reaktion des Sickerwassers erklären. Diese Deutung läßt freilich die Frage offen, warum in den Materialien Nrn. 453 und 454 *Stigonema minutum* fehlt. Diese wuchsen ja unter noch geringerem pH als Material Nr. 352.

In dieser Tabelle von Bivio ist aber auffallend und auf den ersten Blick befremdend, daß in den von Silikatgestein (Prasinit) stammenden Materialien violette und rot gefärbte *Gloeocapsa* gleichzeitig zugegen ist. So lange wir um die Farbänderung des Gloeocapsins als Ausdruck der Reaktion des Wuchsortes nicht wußten, waren uns diese Listen unverständlich. Die rotgefärbte *Gloeocapsa* war man ja gewohnt als für Silikat-, die violette *Gloeocapsa* dagegen als für das Kalkgebiet charakteristisch zu betrachten. Indes ließ das leichte Aufschäumen des Substrates bei Zusatz von Salzsäure erkennen, daß der Kalk nicht völlig fehlte, und dies tritt auch in Erscheinung in der Reaktion des Sickerwassers, die in ihren höchsten Werten dem Neutralpunkt derart genähert ist, daß der

ganze pH-Bereich innerhalb desjenigen Gebietes liegt, in dem der Farbumschlag des Gloeocapsins erfolgt. Dieser ist ja nicht auf einen engen pH-Bereich beschränkt, sondern liegt, wie *N. Gemsch* (1943) auf experimentellem Wege nachwies, zwischen pH 6,0 bis pH 7,8.

Interessant erwies sich in den Materialien von Bivio das Verhalten der *Gloeocapsa sanguinea* beim Übergang ihrer rot bzw. violett gefärbten Dauerzellen in den vegetativen Zustand. Dieser Übergang erfolgt beim Eintritt höherer Feuchtigkeit und ist zunächst erkennbar in der Ausscheidung einer hyalinen dichten Gallerte, die die Dicke der Dauerzellen weit übersteigen kann. Wir haben auf S. 200 diese Schleimbildung

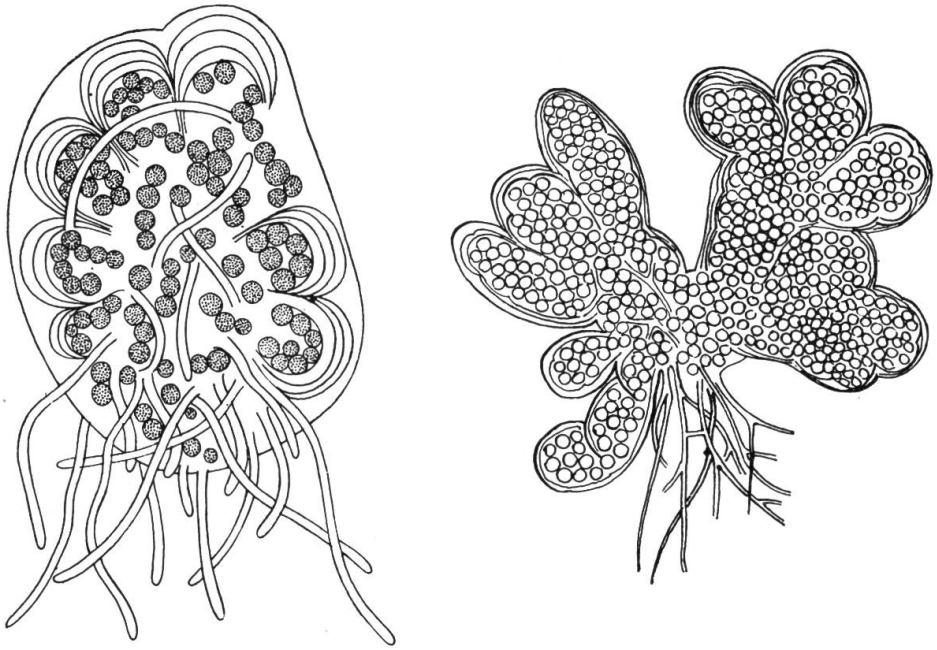

Abb. 37
Frühe Stadien der Lichenisation am Lager von *Nostoc microscopicum;* Vergr. 500

Keimungsgallerte genannt. Durch sie werden benachbarte Dauerzellen in eine zusammenhängende, klebrige Hülle eingeschlossen, innerhalb derer Zellteilungen vor sich gehen, die die Alge in das vegetative Stadium, den st. *fam. lam.*, überführen.

Nostoc microscopicum findet sich im mittleren, feuchteren Bezirk dreier Tintenstriche in gut ausgebildeten Lagern. Am Rand der Bestände dagegen, beim Übergang vom Algen- zum Flechtenareal, finden wir die Lager dieser Alge in Anfangsstadien der Lichenisation, und alle Übergänge vom freilebenden Nostoc zu Zuständen, in denen seine Lager von Pilzhyphen reichlich durchwuchert sind, bis zu gut entwickelten *Collema*-Flechten sind unschwer zu finden (Abb. 37).

Ähnliche Erscheinungen zeigt auch *Gloeocapsa sanguinea,* und zwar sowohl in ihren rot- wie in ihren violetthülligen Lagern. In ihre jungen Gallerthüllen hinein treibt ein Pilz seine Hyphen. Diese legen sich durch Apressorien an die Zelloberfläche. An der Stelle, wo der Pilz der Alge anliegt, teilt sich die letztere. Gleichzeitig aber verzweigt sich auch die Hyphe, so daß schon die ganze Nachkommenschaft einer befallenen Zelle dem Pilz von Jugend an ausgeliefert ist. Weichen die Algenzellen auseinander, so verlängert der Pilz seine Hafthyphen. Der Inhalt aller so befallenen Zellen wird in dieser Weise ausgesogen und geht zugrunde (Abb. 38).

Daß tatsächlich der Pilz für dieses Absterben verantwortlich ist, daß er also nicht als Saprophyt bereits tote, sondern nur lebende Lager aufsucht, zeigen Kolonien, in die der Pilz erst in einem spätern, vielzelligen Stadium eindringt. Das Lager ist dann nur teilweise vom Pilz

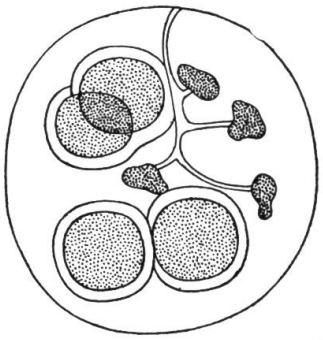

Abb. 38
Erstes Stadium der Lichenisation eines Lagers von *Gloeocapsa sanguinea.* Die befallenen Zellen sind abgetötet, die pilzfreien dagegen zeigen keine Spuren irgendwelcher Schädigung. Vergr. ca. 1500

durchwuchert. In denjenigen Teilen, die von ihm befallen sind, erscheinen die Zellen geschwächt, geschrumpft, teilweise entfärbt oder vollkommen aufgelöst, während in den übrigen Teilen der Kolonie die vom Pilz verschont blieben, die Zellen turgeszent und durchaus normal entwickelt sind (Abb. 38).

Die trockeneren Randgebiete der Tintenstriche bieten also Verhältnisse, unter welchen der Pilz die Algen überwältigt und abtötet. Darum kann es dort nicht zur Flechtenbildung kommen. Unmittelbar außerhalb dieses Areals, wo der Benetzungsgrad noch geringer ist, findet diese dagegen in reichem Maße statt. Dort suchen wir freilebende Algen in der Regel umsonst; dort ist, wie wir dies auch im Gebiete um Morteratsch sahen, das eigentliche Areal der Flechten. Es sind also offenbar die ökologischen Verhältnisse, in erster Linie die Feuchtigkeit, die darüber entscheiden, zu welchem Resultat der Pilzbefall gelangen wird.

Im zentralen Gebiete der Tintenstriche, wo die Benetzung am intensivsten und von der längsten Dauer ist, fehlen die genannten Anfänge der Lichenisation. Sporen von Flechtenpilzen lassen sich dort freilich reichlich nachweisen, gelegentlich auch Hyphenstücke und kleinere

Myzelstränge. Ihrem Aussehen nach können diese mit den die Algenlager durchwuchernden Pilzen zusammengehören. Die Fälle aber, wo sie in solche Lager eindringend beobachtet werden können, sind im zentralen Teil der Tintenstriche recht selten. Jedenfalls erlangen sie nie eine ähnliche Bedeutung wie am Rande der Tintenstriche. Daß es dieselben Pilze sind, welche das eine Mal (in den Randgebieten) die Algenlager abtöten, das andere Mal (im trockeneren Gebiet außerhalb der Tintenstriche) mit den Algen zu wohlausgebildeten Flechten heranwachsen, dürfte nach dem, was sich immer wieder im Mikroskop beobachten läßt, außer Zweifel stehen.

Wie haben wir uns das Abhängigkeitsverhältnis der beiden Flechtenpartner zueinander vorzustellen? Sicher ist, daß ein Angriff des Pilzes auf ein Algenlager in durchaus ähnlicher Weise wie derjenige, den wir von parasitischen Pilzen auf Blütenpflanzen kennen, erfolgt. Statt daß, wie dort, Kutikula und Zellgerüst zu durchbrechen sind, bis der Parasit in die ihm zusagenden Organe gelangt, hat der Pilz das Gallertlager der Alge zu durchbrechen, um auf die assimilierende Zelle zu stoßen. Dabei dürfte der äußersten, derben Gallertschicht, die von manchen Autoren als « Kutikula » bezeichnet wird und die die weichere Gallerte der Algenlager in einer wenige μ dicken Kruste umgibt, eine ähnliche Rolle zukommen wie der echten Kutikula der höheren Pflanzen. Sie dürfte mit ein Faktor sein, der der Alge hilft, dem Angriff passiv Widerstand zu leisten.

Außer Zweifel ist auch, daß sich der Pilz auf Kosten der Alge ernährt, während er selbst, soviel uns heute bekannt ist, seiner Wirtspflanze nichts zum Leben Notwendiges zu bieten hat; denn alle nicht befallenen Kolonien wachsen normal heran. Er ist also offenbar ein ausgesprochener Parasit, der auf der Wirtspflanze eine Krankheit hervorruft, welcher sie schließlich erliegt.

Warum befällt der Pilz im Gebiet höherer Feuchtigkeit des Tintenstriches die Alge nicht? Gelingt ihm der Einbruch in die Gallerthülle nicht, oder ist er nicht virulent genug?

Wir sehen nur selten Pilzhyphen auf gut ausgebildeten Algenkolonien. Der Angriff wird offenbar gar nicht versucht, und wir können uns keine bessere Erklärung geben als die, daß der Pilz unter höherer Feuchtigkeit leidet, selbst schwach ist und nur zu sehr geringer Entwicklung gelangt. Er ist in noch höherem Maße Aerophyt als die Algen, auf die er spezialisiert ist.

Daß er im trockeneren Gebiet der Tintenstriche dagegen reichlich vorhanden und gleichzeitig hochvirulent ist, zeigt sich an dem Resultat, das in der Abtötung der Alge sichtbar wird.

Schwieriger ist das Verhältnis der beiden Partner zueinander im noch trockeneren Gebiete zu verstehen, wo die Alge nicht mehr abgetötet wird, sondern zu einer fertigen Flechte auswächst. Es ist nicht zu erkennen, ob unter den veränderten äußeren Verhältnissen der höheren Trockenheit der Pilz weniger virulent oder umgekehrt die Alge resistenzfähiger ist, oder ob sie sich gar an den Pilz gewöhnte, also tolerant werde und darum keinen Schaden mehr nehme.

Gewiß liegen die Verhältnisse ähnlich wie in jenen Fällen bei höheren Pflanzen, wo die Heftigkeit des Krankheitsbefalls von den Außenbedingungen abhängt. Die Pflanzenpathologie lehrt uns ja, daß dabei z. B. die Reaktion des Bodens weitgehend ausschlaggebend ist. Eine Herabsetzung des pH-Wertes des Bodens kann beispielsweise eine als immun angesehene Runkelrübensorte hundertprozentig anfällig erscheinen lassen (Fischer und Gäumann 1929). Für den verschiedenen Ausgang des Pilzbefalles finden wir keinen anderen Faktor als die Feuchtigkeit, d. h. den Benetzungsgrad des Wuchsortes, unter dessen unmittelbarem oder mittelbarem Einfluß die Virulenz des Pilzes vermindert oder aber die Resistenz der Alge erhöht wird.

In jungen Lichenisationsstadien ragen, namentlich bei befallenen *Collema*-Lagern, die Pilzhyphen wie ein Rhizoidenbüschel aus dem dem Substrat zugekehrten Pol des Algenlagers heraus. Gewiß helfen sie dort der Alge, sich aus dem Substrat mit Mineralstoffen zu versorgen; dadurch wird es dem Flechtenlager möglich, sich vom Substrat zu erheben, was ja der Alge allein nicht möglich wäre (Abb. 37).

Bei der Besprechung weiterer Standorte werden wir noch vielfach Gelegenheit haben, auf dieselbe Erscheinung, die hier besprochen wurde, hinzuweisen. Wir werden alsdann auch noch andere Algengattungen finden, die dieselben Anfänge der Lichenisation aufweisen.

Auf den in neuerer Zeit durch Steinschlag, Abschalung usw. freigelegten und ausschließlich durch Niederschläge benetzten Felsflächen ist die Vegetation arm. Algen sind darauf nicht zu finden. Nur da und dort, namentlich in Gesteinsritzen, wo sich etwas Detritus angesammelt hat, sind spärliche *Collema*-Lager oder kaum von bloßem Auge sichtbare Pusteln von *Rhizocarpon geographicum* vorhanden. Im Mikroskop erscheint das Abschabsel solcher Felsflächen als ein formloses Netzwerk von Pilzhyphen, in deren Maschen *Cystococcus*- und *Protococcus*-Gonidien stecken. Ihre Zuordnung zu bestimmten Flechtenarten ist in diesem Stadium nicht durchführbar.

Mit der zunehmenden Dauer, während welcher diese verhältnismäßig jungen Felsflächen der Besiedelung offen standen, wird die Vegetation reichhaltiger. Sie besteht ausschließlich aus Flechten und stellt die erste und die endgültige Besiedelung dieser Standorte dar. Anflie-

gende Algenkeime werden nur dann zur Entwicklung gelangen, wenn sie innert kurzer Zeit ihren geeigneten Pilzpartner finden.

Tritt eine junge Felswand unter überhängendem Gestein zurück, so daß weder Niederschläge noch Riesel- und Sickerwasser sie benetzen, so fehlt jede Vegetation, wenn man von den Bakterien absieht, die außerhalb unserer Betrachtung blieben.

Wird die junge Wand dagegen von Zeit zu Zeit durch abfließendes oder aus dem Gestein heraussickerndes Wasser benetzt, und ist damit die Möglichkeit gegeben, einer Algenvegetation als Substrat zu dienen, so entwickeln sich auf ihr von Anfang an dieselben Arten, wie wir sie auf Felsflächen fanden, die bereits seit langer Dauer der Besiedelung offen standen. Ein Vergleich der Artenlisten von jungen und alten Felsflächen ergab eine beinahe vollkommene Übereinstimmung in ihrer Zusammensetzung. Nur die Dichte der Vegetation ist um so größer, je älter die Wand ist.

Die Untersuchungen in Bivio lehren uns also, daß die Besiedelungsverhältnisse in diesem Gebiet der Alpen in sehr weitgehendem Maße dieselben sind, die wir auch im Tal des Morteratschgletschers und an den Steilwänden des Piz Morteratsch, des Piz Boval und der Isla Pers an ökologisch gleichartigen Standorten feststellten.

3. Am Rhonegletscher (zirka 2270 m ü. M.)

An der linken Seite des Gletschers, auf der Höhe des Hotels Belvédère, verteilt ein Bächlein sein Schmelzwasser in dünner, aber ununterbrochen fließender Schicht über einen breiten Felsrücken. Dieser steht in mehreren, nach oben zurücktretenden Stufen im Gelände an und ist von Alpweiden umrahmt. Die Reaktion des Rieselwassers bestimmten wir mit pH 5,85; Mat. Nr. 456, Exp. S. Belichtung Stufe VI.

Die Oberfläche des von Gletschereis glatt geschliffenen Granitgesteins ist bunt gefärbt von rostroten, gelben, grünen und dunkelbraunen bis handtellergroßen runden Flecken. Dabei sind am auffallendsten ausgedehnte Krusten von rotbrauner Farbe, gebildet durch die üppigen Lager von *Pleurocapsa polonica, Chamaesiphon polonicus, Oncobyrsa* cf. *rivularis* und *Homoeothrix* cf. *varians,* die alle neben- und durcheinander wachsen. Was die letztere Blaualge anbetrifft, so sind weitere eingehende Studien über die Größenvariabilität der Fäden und Trichome notwendig. Unsere Form stimmt zwar in Habitus, Färbung usw. mit der Diagnose weitgehend überein, weist aber durchwegs eine zu geringe Zellbreite auf. Wenn wir es vorläufig unterlassen, eine neue Art zu beschreiben, so in der Absicht, zunächst an frischem Material den vollständigen Entwicklungsgang der Alge kennen zu lernen. *Stigonema hormoides* ist in diesen farbigen Krusten ebenfalls immer vertreten.

Die dunkelbraunen wie auch die grünen Flecke auf dem Gestein stellen endolithische Flechtenlager dar. *Hydrurus foetidus* flutet in dezimeterlangen Schnüren im sauerstoffreichen, sommerkalten Wasser. Diese Chrysomonade überdauert im Gebirge die warme Jahreszeit, steigt aber im Winter ins Mittelland hinab, wo sie in vielen Flüssen (Limmat, Rhein usw.) zu reicher Entfaltung gelangt. *Desmonema Wrangelii* tritt überall in größeren und kleineren Beständen auf. Den grünen Saum zwischen Rinnsal und Alpweide bilden fädige Grünalgen: *Spirogyra, Zygnema, Mougeotia* und *Ulothrix,* von denen wir keine fruchtend antrafen. Sie bergen im Gewirr ihrer Fäden eine kleine Flora von Desmidiaceen: *Cosmarium cylindricum, C. Palangula, C. repandum var. minor, C. Margaritiferum, C. Hammeri var. Homalodermum, Staurastrum Sebaldi, Mesotaenium micrococcum, Penium curtum,* sodann *Nostoc microscopicum* und *Ankistrodesmus falcatus,* ferner eine individuenreiche Gesellschaft von Kieselalgen, in welcher *Tabellaria flocculosa* in Form langer Zickzackbänder besonders auffällt. Die Gallertscheiden von *Desmonema Wrangelii* tragen vielfach eine reiche Epiphytenvegetation von *Chamaesiphon curvatus, Clastidium setigerum* und vielen Kieselalgen, namentlich Gophonemen, die sich durch Gallertstiele am Substrat festhalten.

Der Wuchsort dieser Algenvegetation hält in seinen ökologischen Verhältnissen ungefähr die Mitte zwischen den unter 1 und 2 beschriebenen Standortstypen des Morteratsch-Gebietes. Wie diese ist er ununterbrochen benetzt, solange das Gebiet schneefrei ist. Das Gefälle des Rieselwassers ist aber geringer als bei Benetzungsgrad 1, die Strömung demgemäß langsamer, die Wasserführung aber bedeutender als bei Benetzungsgrad 2. Es ist daher nicht verwunderlich, daß die Vegetation unseres Standortes am Rhonegletscher keiner von den genannten Standorten im Morteratsch-Gebiet gleicht, obschon Höhenlage, Substrat und Exposition weitgehend miteinander übereinstimmen.

Mit der Vegetation der Benetzungsstufe 1 des Morteratsch-Gebietes hat unsere Fundstelle am Rhonegletscher gemeinsam: *Desmonema Wrangelii,* dessen Epiphyten *Chamaesiphon curvatus* und *Clastidium setigerum,* die Conjugatenalgen *Spirogyra, Zygnema* und *Mougeotia* und die Grünalge *Ulothrix.* An die Artenlisten der Materialien aus den jüngsten Tintenstrichen im Rückzugsgebiet des Morteratschgletschers erinnert *Chamaesiphon polonicus;* doch gesellen sich am Rhonegletscher neu hinzu: *Pleurocapsa polonica, Oncobyrsa rivularis* und *Homoeothrix varians.* Die oben genannten übrigen Blaualgen, Desmidiaceen und Diatomeen finden wir nicht im Gebiet der stärksten Strömung, sondern am Rande des andauernd benetzten Gebietes, zwischen Moosrasen und Grasbeständen. An diesen Stellen liegen ökologische Verhältnisse vor, die

schon weitgehend denjenigen des Benetzungstypus 2 vergleichbar sind. Das ist der Standort der einzelligen Formen und kleinen, kugeligen Kolonien, deren Adhäsionskraft am Substrat genügt, um der geringen Wasserbewegung standzuhalten.

Tintenstriche :

Unmittelbar am Gletscherrand, vom Eise überragt und flankiert, wird ein Felsmassiv an zahlreichen Stellen von einem feinen, aber andauernd fließenden Film von Schmelzwasser benetzt. Diese Stellen sind als scharfgezeichnete Tintenstriche von weither sichtbar (Tafel 10 a); sie gleichen in ihrer Benetzung und in ihren übrigen ökologischen Verhältnissen sehr weitgehend der Feuchtigkeitsstufe 2, die wir im Gebiete der Bernina am Fuße des Piz Morteratsch untersuchten : dauernde Benetzung durch einen dünnen Film langsam rieselnden Wassers. Exp. S; Belichtung Stufe VI; pH 5,72.

Die am Rhonegletscher untersuchten Tintenstriche ergaben die folgende Artenliste (Material Nr. 448) :

Spirogyra sp.	*Glaucocystis Nostochinearum*
Mougeotia sp.	*Mesotaenium micrococcum*
Zygnema sp.	*Netrium digitus*
Cosmarium Cucurbita	*Closterium Venus*
» *undulatum*	*Scenedesmus obliquus*
» *Brebissonii*	*Ankistrodesmus falcatus*
» *subtumidum*	*Pediastrum tricornutum* var. *alpinum*
» *impressulum*	*Pediastrum* sp. nov.
» *notabile* var. *media*	*Phormidium favosum*
» cf. *insulare*	*Pseudanabaena catenata*
» cf. *venustum*	*Anabaena catenula* var. *solitaria*
Staurastrum punctulatum	*Aphanothece Castagnei*
Ceratoneis linearis	*Cymbella ventricosa*
Tabellaria flocculosa	*Gomphonema capitatum*

und viele andere Kieselalgen.

Der Typus der Vegetation gleicht weitgehend demjenigen, den wir in der Stufe 2 im Morteratsch-Gebiet beobachteten. Hier wie dort ist die Algengesellschaft charakterisiert durch das Vorherrschen der Conjugatenalgen, und zwar solcher sowohl aus der Familie der Zygnemaceen wie auch der Desmidiaceen; im weiteren finden wir einzellige Grünalgen dieser Vegetation beigemischt. Die Cyanophyceen sind vertreten durch Arten, die als Hydrophyten, Hygrophyten oder Subaerophyten bekannt sind. Auch die Kieselalgen erlangen eine ansehnliche Bedeutung.

Außer den Ubiquisten unter den Zygnemales, deren Spezies wegen des Fehlens von Fruktifikationsorganen nicht bestimmt werden konnte, ist die Auswahl der Arten eine ganz andere als im Morteratsch-Gebiete. Die Zahl der untersuchten Materialien der zweiten Benetzungsstufe genügt nicht, um aus ihnen eine Erklärung für diese Verschiedenartigkeit herauszulesen.

4. Im Gebiet um Zermatt

Die weitere Umgebung von Zermatt (Kanton Wallis) war für unsere Untersuchungen in mehrfacher Hinsicht interessant. Das Gebirgsmassiv, welches das Nikolaital umschließt und mit dem gewaltigen Kranz der Dent Blanche (4364 m ü. M.), Dent d'Hérens (4180 m), Matterhorn (4482 m), Breithorn (4171 m), Monte Rosa (4638 m) mit zu den höchsten Erhebungen Europas zählt, zeigt in bezug auf unsere Fragen weitgehend ähnliche Verhältnisse wie die Gegend um den Morteratschgletscher.

Dort wie hier bot sich reichlich Gelegenheit, die Algenvegetation bis in Höhen über 3000 m ü. M. zu verfolgen, und dies in einem Klima, das im allgemeinen ungefähr demjenigen des Berninagebietes entspricht. Könnte die in diesem beobachtete Vegetation als eine spezifische Hochgebirgsvegetation betrachtet werden, so müßte sie sich in Höhen von 1900—3100 m an den Felswänden des Matterhorns, des Gornergrates usw. wiederholen.

In einem Punkte freilich unterscheidet sich das Gebiet um Zermatt von demjenigen des Morteratschtales. Während in diesem der Granit unumschränkt herrscht, liegt jenes vornehmlich in der Zone der sog. Grüngesteine : Amphibolit, Granat-Amphibolit, Prasinit und, besonders am Gornergrat, im Serpentin. In der Gegend von Findelen gesellt sich der Kalk der Dent Blanche-Decke zu den Silikatgesteinen.

Wenn wir in diesem Untersuchungsgebiet hauptsächlich die Vegetation der Grüngesteine zum Gegenstand unserer Untersuchungen machten und in vielen Proben, auf alle Höhenstufen zwischen Zermatt (1700 m ü. M.) und der Hörnli-Hütte am Matterhorn (3100 m) verteilt, analysierten, so hatten wir hiefür einen speziellen Grund. Über die Algenvegetation der Serpentinfelsen einer anderen Gegend, derjenigen von Mohelno in Böhmen, liegt nämlich eine zuverlässige Monographie von F. Nováček (1934) vor, und so war es reizvoll, die Vegetation ein und desselben Untergrundes in so weit auseinanderliegenden Gebieten miteinander zu vergleichen. Die Bearbeitung der Materialien aus der Umgebung von Zermatt wurde nach denselben Gesichtspunkten wie diejenige der Proben aus dem Morteratschtale durchgeführt.

a) Felswand am Matterhorn, unterhalb der Klubhütte des S. A. C., 3000 m ü. M., S.-Exp.

Calcschistes, « Schistes lustrés »

Die Oberfläche der etwa 100 m hohen und mehrere 100 m breiten, senkrecht abfallenden Wand gleicht in der hellen, gelblichen Farbe ihres Gesteins derjenigen eines Steinbruches von gewaltigen Ausmaßen. Sie sieht jung aus, und man möchte, aus der Ferne betrachtend, die helle Färbung der raschen Verwitterung zuschreiben. Doch lehrt die Betrachtung aus der Nähe, daß dem nicht so sein kann, denn die Gesteinsoberfläche ist durch die chemische Erosion stark angefressen, was in feinen, senkrecht verlaufenden Rippen und Kämmen, in ebenso feinen Rinnen und Furchen (Folgen der Auslaugung des Kalkes) zum Ausdruck kommt.

So weit die Felswand übersehen werden kann, ist sie kahl; auch in Spalten, Rissen und kleinen Mulden sucht man umsonst nach einer Vegetation. Nur auf wenigen kleinen horizontalen Vorsprüngen, wo etwas Gesteinsschutt liegen bleibt, sind schmächtige Gräser und Polsterpflanzen zu erkennen.

An wenigen Stellen, kleinen Inseln auf der weiten, gelbgrauen Wand, bezeichnen dunkelgraue, scharf begrenzte Tintenstriche die Sammelstellen des nach Niederschlägen während kurzer Zeit absickernden Wassers. Sie nehmen ihren Ausgang von Schichtfugen und Rissen im Fels und sind sehr spärlich entwickelt, weil die Hauptmenge des auf den kompakten Fels niedergehenden Wassers über Schwarz-Tschuggen nach der E-Seite hin abgeleitet wird. Die Wand ist nicht überhängend; sie wird durch die Niederschläge benetzt. Aus der Vegetationsarmut dieser Wand ziehen wir darum den Schluß, daß unter den lokalen klimatischen Verhältnissen die Menge des meteorisch niedergehenden Wassers nicht genügt, um auf dem Fels eine Algen-, ja sogar nicht einmal eine Flechtenvegetation hervorzubringen, und dies in einem Gebiete mit über 200 cm jährlicher Niederschlagsmenge (Regenkarte von Brockmann-Jerosch). Nur an wenigen Stellen ist das Gelbgrau der mächtigen Wand unterbrochen von scharf umgrenzten Tintenstrichen.

Am 11. Oktober 1939 wurde die Vegetation von zwei unweit nebeneinander liegenden Sickerwasserbahnen in 3100 m ü. M. untersucht. Die eine (Mat. Nr. 1) war völlig trocken und mußte zuerst künstlich benetzt werden, damit es gelang, von der außerordentlich eng anliegenden, dünnen Algenkruste kleine Proben abzuheben. Dieser Tintenstrich von dunkelgrauer Farbe dürfte die Grenze dessen darstellen, was unter den lokalen klimatischen Verhältnissen Algen an Trockenheit noch zu ertragen vermögen.

Der zweite, auf derselben Höhe gelegene Tintenstrich war im Zeitpunkt der Untersuchung naß, so daß das Wasser (pH 6,70) an mehreren

Stellen (1 Tropfen je 5 Sekunden) abtropfte. Der Benetzungsgrad ist also etwas höher als bei Nr. 1, was sofort auch in der üppiger entwickelten, dickeren und leichter abnehmbaren Algenschicht zum Ausdruck kommt.

Die Vegetation des erstgenannten, trockeneren Tintenstriches besteht sozusagen ausschließlich aus *Gloeocapsa sanguinea* im st. *col., alpinus, perdurans.* Die sehr intensiv gefärbten, dunkelvioletten, dickwandigen Hüllen liegen den großen Dauerzellen von 10,8—14,4 μ im Durchmesser eng an. Außer den an Zahl überwiegenden Einzelzellen liegen Zweizellstadien vor. Kolonien mit vier und mehr Zellen fehlen.

Der feuchtere Tintenstrich (Nr. 2) ist in seiner Vegetation reichhaltiger. Neben *Gloeocapsa sanguinea,* die in demselben intensiv violett gefärbten Dauerstadium vorliegt, sind, auffallend reichlich, hellere, gelbbraun-orangerot und rot gefärbte Elemente beigemischt. In den letztgenannten liegt *Gloeocapsa sanguinea* st. *col., magma* vor, wenigzellige Kolonien mit eng anliegenden roten bis rotvioletten dicken Hüllen. Das gelbe Element stellt Dauerzellen und zwei- bis vierzellige Kolonien von *Gloeocapsa Kützingiana* st. *pleurocapsoides* dar, und im orangeroten Material erkennen wir *Gloeocapsa Shuttleworthiana.* Am Rande des Tintenstriches herrscht *Gl. Kützingiana* st. *pleurocapsoides* vor und stellt an manchen Stellen sogar die einzige Vegetation dar. Diese Alge liegt in der trockensten Zone am Rande des Vegetationsstreifens im Stadium der einzelligen Dauerstadien, im nasseren Gebiete, gegen die Mitte der Sickerwasserbahn zu dagegen im st. *quadrantorum* und gelegentlich auch im st. *octantorum* vor. Stellenweise ist *Calothrix parietina* in tief gelbbraun gefärbten, am Scheitel zerfaserten Scheiden beigemischt.

Ein sehr nasser Tintenstrich in zirka 3000 m ü. M., von dem an vielen Stellen Wasser (pH 6,56) in rascher Folge (1 Tropfen je Sekunde) abtropft, zeigte folgende Zusammensetzung (Mat. Nr. 3) :

Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.* mit Tendenz zu st. *Ralfsianus, Gl. nigrescens, Gl. Kützingiana,* st. *fam. lam., Calothrix parietina* mit sehr weiten Scheiden, *Nostoc microscopicum* und *Camptothrix repens.*

Ein im Zeitpunkt der Untersuchung vollkommen trockener Algenstreifen, dem an erster Stelle beschriebenen vergleichbar, ergab (Mat. Nr. 3 a) : *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col., alpinus, perdurans* und *Gl. Kützingiana,* st. *pleurocapsoides.* Die erstgenannte Art zeigte auch vielzellige Kolonien, deren Protoplasten von einer sehr dicken, tief gefärbten Eigenhülle umschlossen, in einer ungefärbten und ungeschichteten sehr zähen gemeinsamen Gallerthülle lagen. Lösten sich einzelne Zellen aus diesem

Verbande los, so blieben deren Höhlungen in der ziemlich starren Gallertmasse erhalten.

Tintenstrich Nr. 5 (Mat. Nr. 4), auf 2950 m. ü. M., naß, in S-Exposition, zeigt eine reichhaltige Zusammensetzung : *Gloeocapsa sanguinea*, st. *col. perdurans* und st. *col., fam. lam., Gl. sanguinea*, st. *col., alpinus*, st. *perdurans* und st. *col., alpinus, fam. lam.*, ferner *Schizothrix Heufleri, Calothrix parietina, Nostoc microscopicum, Gloeocapsa Kützingiana*, st. *fam. lam.* und st. *pleurocapsoides* sowie *Scytonema sp.*

Die Standorte der hier beschriebenen fünf Tintenstriche müssen in der fünften Benetzungsstufe eingereiht werden. Es sind Felsflächen, auf denen kurze Perioden der Benetzung mit längeren Trockenperioden abwechseln. Im Gegensatz zu den Materialien aus dem Morteratsch-Gebiet liegt aber hier ein stark kalkhaltiges Substrat vor, was sich in den verhältnismäßig hohen pH-Werten von 6,56—6,70 ausdrückt.

Makroskopisch zeigt sich die Vegetation unserer fünf Tintenstriche durch ihre hellere, oft blaugraue Farbe verschieden von den dunkleren Tintenstrichen der Morteratsch-Gegend. Sonst ist von bloßem Auge kaum ein Unterschied zu erkennen. Im Mikroskop aber zeigen unsere Materialien vom Hörnli (Matterhorn) ein ganz anderes Bild. Statt des roten Elementes herrscht das violette weit vor, mit anderen Worten, die repräsentativste und reichlichst vertretene Art *Gloeocapsa sanguinea* liegt nicht wie im Morteratsch-Gebiet mit roten, sondern ausschließlich mit violetten Hüllen vor. Im übrigen sind dort wie hier die Hüllen überaus intensiv gefärbt, das eine Mal derb, eng anliegend, das andere Mal weich und weit abstehend, je nach den speziellen Feuchtigkeitsverhältnissen des Standortes. Eine entsprechende Abhängigkeit der Hüllenbeschaffenheit von den ökologischen Verhältnissen des Standortes zeigt auch das gelbe Element, *Gloeocapsa Kützingiana*, welche Art im Zustande mittelweiter und derber, eng anliegender Hüllen (st. *pleurocapsoides*) stellenweise überaus reichlich vorliegt. In den Morteratsch-Materialien haben wir weder ein Vorherrschen violetthülliger *Gloeocapsa* noch des Dauerzustandes von *Gloeocapsa Kützingiana* festgestellt.

In der Artenliste der Hörnli-Materialien fällt am meisten das Fehlen von *Stigonema minutum* auf. Das Studium weiterer Materialien aus dem Silikat- und dem Kalkgebiet wird uns immer wiederum lehren, daß diese Alge dem schwach sauren oder gar alkalischen Substrat fehlt und daß, wenn es sich darum handelt, Unterschiede im Artenbestand stark saurer und alkalischer Standorte ausfindig zu machen, *Stigonema minutum* stets an erster Stelle zu nennen sein wird. Neu treten in den Hörnli-Materialien auf : *Gloeocapsa Shuttleworthiana* und *Camptothrix repens*. Die übrigen Arten aber notierten wir auch im Silikatgebiet von Morteratsch.

Trotz der petrographischen Verschiedenheit des Untergrundes zeigen die Tintenstriche am Hörnli sehr große Ähnlichkeit mit denjenigen im Hochgebirge des Bündnerlandes. Hier wie dort sind es ausschließlich Blaualgen und unter diesen eine verhältnismäßig geringe Zahl ausgesprochener Aerophyten, die imstande sind, diese außerordentlich ariden Standorte zu besiedeln. Mit Ausnahme von *Stigonema minutum* sind es auch weitgehend dieselben Arten, und diese folgen in der Ausbildung ihrer verschiedenen Entwicklungszustände denselben Gesetzen. In beiden Untersuchungsgebieten sind es in erster Linie die spezifischen ökologischen Gegebenheiten des Standortes, die die Zusammensetzung seiner Vegetation bedingen.

b) Oberhalb des Schwarzsees

In zirka 2600 m ü. M. stehen die Zermatter Grüngesteine (Eklogit, Granatamphibolit usw.) in wiederum mächtigen nach E exponierten Wänden an. Fast ununterbrochen tropft Wasser aus den Schichtfugen des blätterig lamellierten Gesteins und überall, wo derart dauernd benetzter Fels dem Licht ausgesetzt ist, ist die Oberfläche in weiter Ausdehnung von Algen einheitlich schwarz gefärbt, während an anderen Stellen periodischer Benetzung und Austrocknung scharf begrenzte Tintenstriche als Bänder und vielgestaltige Flächen abgezeichnet sind. Das Wasser zeigt eine leicht saure Reaktion von pH 6,39. Benetzungsgrad 3 bis 4. Belichtung : Stufe IV.

In der Vegetation (Mat. 5) ist eine ausgesprochene Dominanz von *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col., alpinus, Ralfsianus* zu verzeichnen: Kolonien mit sehr weit abstehenden, stärker oder schwächer gefärbten und mehr oder weniger deutlich geschichteten Gallerthüllen. Daneben befinden sich gleich gebaute Lager, die aber statt der violetten eine rote Färbung zeigen. Im übrigen sind alle Abstufungen in der Weite und der Schichtung der Hüllen vorhanden, wie bei den violett gefärbten Kolonien, die wir als : *Gloeocapsa sanguinea* st. *col. Ralfsianus* bezeichneten. Daneben sind *Gloeocapsa Kützingiana,* st. *fam. lam.* und st. *pleurocapsoides* sowie *Scytonema mirabile* und *Sc. myochrous* st. *crustaceus* vertreten. Zehn weitere Proben, die an verschiedenen Stellen der Felswand gefaßt wurden, ergaben dieselbe kleine Artenliste.

Dieser Tatbestand bestätigt in mancher Hinsicht die Deutung, zu der uns die Analyse so vieler anderer, z. T. bereits besprochener Materialien führte. Der in der Nähe von 6,5 liegende pH-Wert des Tropfwassers erklärt das gleichzeitige Vorkommen violett gefärbter und rot pigmentierter *Gloeocapsa sanguinea.* Das Gloeocapsin befindet sich am Umschlagspunkt, und geringste Verschiedenheiten in der Reaktion des Untergrundes können den Umschlag nach Rot bzw. Violett herbeiführen.

Die weiten Hüllen sind eine Folge des hohen Benetzungsgrades und charakterisieren in derselben Weise die rot- wie die violetthülligen Formen. Auch *Scytonema* erscheint in einer durch dicke Scheiden charakterisierten Standortsform. Überraschend ist das Fehlen von Desmidiaceen und Kieselalgen.

An ihrem Fuße tritt die Felswand manchenorts um einige Meter zurück, und das überhängende Gestein bildet darüber ein mächtiges, aber wenig tiefes Gewölbe. Die Innenwand solcher Grotten wird weder von Niederschlägen noch von Sickerwasser befeuchtet. Der Benetzungsgrad nimmt daher vom Rande nach dem Innern zu ab, und in entsprechender Weise wird auch die epilithische Vegetation spärlicher. Wo am Rande solcher zurücktretender Wände das Gestein noch von Sickerwasser benetzt ist, finden wir die dichte Vegetation der Tintenstriche; wo jenes aber fehlt, da sind die Algen ersetzt durch Flechten, insbesondere *Caloplaca elegans*. Noch mehr nach innen zu, wo gleichzeitig mit der Benetzung auch die Belichtung abnimmt, folgen unvollkommen ausgebildete, lepröse Flechtenlager, und an der dauernd trockenen Innenwand fehlt schließlich jede Vegetation. In ihrer hellen, gelbgrauen Farbe stechen solche vegetationsfreien Stellen weithin sichtbar aus der dunkeln Patina der algenbewachsenen Felswand heraus.

Eine horizontale Plattform des Gesteins, auf welche das Wasser einer überhängenden Wand abtropft, zeigt im roten Belag kleiner, wassergefüllter Mulden Massenentwicklungen von *Haematococcus pluvialis*, vermischt mit *Synechococcus maior*, *Gloeocapsa sanguinea* und vielen Kieselalgen (Mat. 6).

c) Die Umgebung von Zermatt, 1700—2000 m ü. M.

Beim Aufstieg durch das Tal des Triftbaches untersuchten wir ein mehr oder weniger trockenes Felsband im Grüngestein und erhielten dabei folgende Artenliste (Mat. 7) :

Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *perdurans*
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *fam. lam.*
Gloeocapsa fusco-lutea
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*
Scytonema myochrous
Nostoc microscopicum
Placoma vesiculosa
Calothrix parietina
Tolypothrix byssoidea

Die hohe Trockenheit des Standortes kommt zum Ausdruck in zahlreichen Lichenisationen. Lager von *Gloeocapsa fusco-lutea* und *Nostoc*

microscopicum zeigen starken Pilzbefall. Namentlich bei der ersteren läßt sich beobachten, wie der Pilz in die intensiv gelb gefärbten Lager eindringt, sämtliche Zellen anfällt, indem er seine Haustorien bis ins Innere der Zellen hineintreibt und diese zum Absterben bringt. An der Infektionsstelle teilt sich die Algenzelle, und gleichzeitig verzweigt sich auch die Pilzhyphe. So folgt der fortschreitenden Teilung der Protoplasten auch die Verästelung des Pilzfadens, bis schließlich alle Algenzellen abgetötet sind oder bis, im Gebiete noch höherer Trockenheit, ein physiologisches Gleichgewicht sich einstellt und ein Flechtenthallus entsteht. Interessant ist, zu beobachten, wie in den vom Pilz befallenen Algenlagern der gelbe Farbstoff mehr und mehr verschwindet. *Gloeocapsa sanguinea* scheint der Lichenisation besser zu widerstehen.

Unterhalb der Dörfchen Zmutt und Platten, ca. 1730 m ü. M., liegen in den Wiesen verstreut größere und kleinere Granitblöcke, die sich einst von der Bergwand auf der linken Talseite loslösten. Sie sind auf ihren Zenitflächen mit Gras bewachsen; auf ihren Stirnwänden dagegen tragen sie reichlich Flechten (*Calopaca elegans, Rhizocarpon geographicum* usw.), und an den Rieselwasserstellen sind sie von dunkeln Tintenstrichen bedeckt. Diese zeigen ziemlich reine Bestände von *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col., alpinus* (violette Hüllen) und st. *col.* (rote Hüllen), beide im st. *perdurans* an trockeneren, im st. *fam. lam.* dagegen an Stellen reichlicherer Benetzung. *Nostoc microscopicum, Scytonema myochrous* st. *crustaceus* und *Gloeocapsa fusco-lutea* sind da und dort eingestreut (Mat. 8).

d) Am Gornergrat, 2800—3000 m ü. M.

Der Gornergrat liegt im Gebiete des Serpentins und in einer klimatischen Zone, deren jährliche Niederschlagsmenge 200 cm übersteigt. Überall, wo der Fels ansteht, ist er gleichmäßig schwarz überzogen. Nur an verhältnismäßig wenigen Stellen zeigt er eine hellerfarbene Flechtenvegetation oder ist, wie an den unbenetzten, zurücktretenden Wänden von Grotten, kahl.

Im Umkreis von etwa 100 m notierten wir an je 10 Stellen folgende Vegetation (Mat. 9) :

α) dauernd überrieselter Fels :

Desmonema Wrangelii mit *Clastidium setigerum* als Epiphyt
Nostoc microscopicum
Stigonema informe
Synechococcus aeruginosus
Tabellaria flocculosa und viele andere Kieselalgen.

β) Flächen, die während längerer Perioden benetzt und während kurzer Dauer trocken sind (Mat. 10) :

Desmonema Wrangelii mit *Clastidium rivulare*
Schizothrix Heufleri
Nostoc microscopicum
Calothrix parietina
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, fam. lam.*
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.* und st. *Ralfsianus*
Gloeocapsa Kützingiana st. *fam. lam.* und st. *pleurocapsoides*
Gloeocapsa dermochroa

e) Am Riffelberg

In 2530 m ü. M. steht Serpentin an; dauernd überrieselt, N-Exp.; Mat. 11. *Gloeocapsen* mit farbigen Hüllen fehlen. Dafür ist der Fels von dicht gelagerten *Plectonema* sp., ganze, abziehbare Fladen bildend, überzogen, und in den von den verschlungenen Fäden gebildeten Maschen liegen in homogenen Gallerthüllen *Gloeocapsa granosa, Gl. punctata, Chroococcus tenax, Chr. Westii, Cosmarium* sp., *Melosira Roeseana, Tetracyclus Braunii* und andere Kieselalgen in großer Zahl. An trockeneren Stellen kleben Rasen von *Trentepohlia aurea.*

Unter überhängendem Fels : *Tolypothrix byssoidea, Schizothrix Heufleri, Chroococcus tenax, Chlorogloea microcystoides, Nostoc microscopicum, Gloeocapsa Kützingiana* und *Gl. sanguinea,* st. *col., alpinus, fam. lam.* (Mat. 12).

An einer während kurzer Perioden benetzten Wand im Kalksilikatgestein oberhalb Findelen (2300 m ü. M.) notierten wir (Mat. 13) : *Nostoc microscopicum, Desmonema Wrangelii* in kümmerlichen Lagern, *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col., alpinus, fam. lam.* und st. *perdurans, Gloeocapsa Kützingiana,* st. *pleurocapsoides, Phormidium* sp. Unweit daneben, an einer Austrittstelle von Sickerwasser kamen weiterhin dazu : *Schizothrix gracillima, Calothrix parietina, Synechococcus aeruginosus, Cosmarium* sp. Der Felsgrund des Stellisees (2534 m ü. M.) ist mit einer braunen, verkalkten Kruste von *Calothrix parietina* überzogen.

Die Betrachtung und der Vergleich unserer Listen untereinander lehrt uns, daß die Algenvegetation des ausgedehnten Gebietes um Zermatt in derselben Weise wie in demjenigen des Morteratsch-Tales streng an das Wasser gebunden ist und daß die Dauer und periodische Verteilung der Benetzung ausschlaggebend ist für die Zusammensetzung der verschiedenen Gesellschaften. Auch in diesem Untersuchungsgebiet ist nur eine geringe Zahl von Arten an der ausgedehnten und von weit her dem Auge erkennbaren Vegetation beteiligt. Unter den gefundenen Arten ist kaum eine, die nicht schon im Morteratsch-Tale beobachtet wurde.

Vollkommene Übereinstimmung zeigt sich in der Vertretung derjenigen Arten, die als charakteristisch zu bewerten sind.

Die Ökologie der an erster Stelle beschriebenen Tintenstriche auf der Kalksilikatwand am Hörnli in Höhen von etwas über und etwas unter 3000 m ü. M. entspricht den Benetzungsstufen 4 und 5 des Morteratsch-Gebietes. Entsprechend ist auch die Vegetation.

Die 14 Materialien aus dem Gebiet um Zermatt, deren Algenlisten wir hier aufführten, stellen eine verhältnismäßig kleine Auslese der aus der großen Zahl der untersuchten, in der Besprechung aber nicht einzeln erwähnten Proben. Wir durften diese Auswahl wohl vornehmen, weil schon die wenigen berücksichtigten Materialien ein deutliches und ziemlich vollständiges Bild der Verhältnisse im Untersuchungsgebiete zu vermitteln vermögen, ein Bild, das sich auch auf Grund einer großen Zahl weiterer Proben immer aufs neue bestätigt, ohne von der Algenvegetation des Gesteins wesentlich neue Aspekte ans Licht zu fördern.

5. Im Gebiet des Barberinesees

Das Bergtal von Barberine im Wallis, zwischen dem Tal des Trient und der südwestlichen Landesgrenze gelegen, ist durch den im Jahre 1926 in Betrieb genommenen und den gleichen Namen tragenden Stausee unter Wasser gesetzt worden. Es liegt eingeschlossen zwischen den hochragenden Bergmassiven Les Perrons (2581 m ü. M.) im S, des Bel Oiseau (2630 m) und des Fontabran (2705 m) im E, der Tour Salière (3222 m) und des Mont Ruan (3067 m) im N und des Pic de Tanneverge (2990 m) und der Pointe de la Feniva (2840 m) im W.

Geologisch liegt das Gebiet in der Kontaktzone zwischen dem Kristallin und dem darübergeschobenen Kalksediment. Die Grenze zwischen diesen petrographischen Zonen zieht sich von SW nach NE mitten durch den in N-S-Richtung liegenden Stausee, so daß seine S-Hälfte im Gebiet des Gneis (Granitporphyr, Analyse Nr. 16) liegt, während die nördliche Seehälfte den Grund im Kalk (Bajocien) hat.

In demselben Makroklima und auf derselben Höhenlage von zirka 1900 m ü. M. stoßen also die beiden, so verschiedenen Substrate aneinander. Von weit her lassen sich die beiderlei Gebiete von bloßem Auge unterscheiden. Das Gneisgebiet zeigt sich dem Beschauer in Massiven mit allseits gerundeten Formen und einer Oberfläche, die von dem Gletscher des Mont Ruan, der einst das ganze Tal ausfüllte, mehr oder weniger glatt geschliffen wurde. Solche typische Rundhöckermassive ragen stellenweise weit in den See hinein. Aber auch die Berghänge, die in der unteren Seehälfte zu beiden Seiten das Tal umschließen, zeigen in ihren runden Formen bis in große Höhen hinauf die Wirkung des

Gletschers. Ganz anders erscheint das Gebiet des Sedimentgesteins. Es steht in senkrechten, mehr oder weniger deutlich geschichteten Wänden an, deren rauhe Oberfläche mit scharfen Ecken und Kanten zerrissen und nach allen Richtungen von Schicht- und Spaltfugen durchzogen ist; diese sind ausgefüllt mit feinem, mergelartigem Kalkmaterial, das an der Oberfläche durch Riesel- und Sickerwasser leicht ausgewaschen wird. In dieser rauhen Oberfläche des unter dem Einfluß des Frostes leicht zerbröckelnden Gesteins findet die Verwitterung leichte Angriffspunkte, was eine verhältnismäßig rasche Abtragung solcher Kalkwände und damit eine rasche Erneuerung ihrer Oberfläche zur Folge hat. Vielerorts ist die Verwitterung in den höheren Lagen so weit fortgeschritten, daß breite Zonen besonders leicht zerfallenden Gesteins unter ausgedehnten Schuttfeldern verborgen liegen.

Das Gneisgebiet bietet darum der Besiedelung durch Algen unvergleichlich günstigere Möglichkeiten und eignet sich somit auch besser zur wissenschaftlichen Bearbeitung.

Im Gneisgebiet von Barberine wurden folgende Standorte untersucht :

a) Ein kleiner Bergbach

Vom Zeitpunkt der Schneeschmelze bis anfangs Winter leitet er Schmelz- und Rieselwasser aus dem Gneisgebiete des Bel Oiseau und des Fontabran in den See ab. Bald fließt er mit geringem Gefälle durch Weideboden, bald fällt sein Wasser in zahlreichen kleinen Kaskaden über kahlen Fels, das eine Mal in schmaler Rinne eingeengt, das andere Mal sein Bett weit ausbreitend und in dünner Schicht an der Felswand herunterrieselnd. Demgemäß haben wir in der Untersuchung der Algenvegetation dieses kleinen Bergbaches verschiedene Biotope auseinanderzuhalten :

α) Ein kleiner Wasserfall (Taf. 11a)

Ein solcher ist etwa 100 m vom Seeufer, oberhalb des Hütten-Restaurants, 1900 m ü. M., zugänglich. Fallhöhe ca. 4 m, S-Exp., Belichtung: Stufe VI, pH 5,56; am 12.9.1941 notierten wir folgende Vegetation (Mat. 471) :

Desmonema Wrangelii
Clastidium setigerum, epiphytisch auf *Desmonema*
Chamaesiphon incrustans, epiphytisch auf *Demonema*
Chamaesiphon confervicolus, epiphytisch auf *Desmonema*
Lyngbya sp.
Dichothrix gypsophila, dichte Büschel mit auffallend lang ausgezogenen Trichomenden.

Zygnema sp. (steril)
Cosmarium undulatum var. *minutum*
Cosmarium inconspicuum
Staurastrum punctulatum
Staurastrum polytrichum
Closterium sp.
Glaucocystis nostochinearum
Tabellaria flocculosa und viele andere Kieselalgen.

b) Tintenstriche

a) Standorte der 4. Benetzungsstufe. Solchen begegneten wir auf einer Steilwand N der Hütte, 1910—1920 m ü. M.; von ihnen stammen die Materialien 449, 457 und 682. Ihre Algenbestände sind in Tabelle 32 zusammengestellt.

Tabelle 32

Algenarten \ Materialien	449	457	682
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., Ralfsianus*	5,2	4,2	4,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.*	1,2	2,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, fam. lam.*		1,2	
Gloeocapsa nigrescens	2,2	2,2	1,2
Gloeocapsa Kützingiana	1,2	1,2	1,2
Gloeothece fusco-lutea		1,2	
Stigonema minutum	2,2	2,2	3,2
Nostoc microscopicum	2,2		1,2
Scytonema myochrous	2,2	2,2	
Chroococcus turicensis	1,2		

In derselben Weise wie an den unter *a* beschriebenen Standorten der Benetzungsstufe 4 im Morteratsch-Gebiet sind die in vorstehender Tabelle verarbeiteten Materialien charakterisiert durch die sehr weithülligen Lager der *Gloeocapsa sanguinea;* dies ist in völliger Übereinstimmung mit dem hohen Benetzungsgrad. Dieser tritt überdies deutlich in Erscheinung im Vorhandensein von *Nostoc microscopicum, Chroococcus turicensis* und *Gloeocapsa Kützingiana. Scytonema* liegt, wie zu erwarten war, in recht weithülligen Fäden vor. Die in Material 457 vorkommenden, schwach violett pigmentierten Lager der *Gloeocapsa sanguinea* zeigen dieselbe Hüllenweite wie diejenigen mit roter Hüllen-

färbung. In *Gloeothece fusco-lutea* liegt ein Element vor, das den Materialien des Morteratsch-Gebietes fehlte.

Die Materialien 678, 679, 680, 681, die von Tintenstrichen auf einer S-exponierten Steilwand unterhalb der Hütte stammen, ergaben die in Tabelle 33 aufgeführten Bestände. Benetzungsstufe 5, pH 5,61—6,42, starker Besonnung ausgesetzt.

Tab. 33

Algenarten \ Materialien	678	679	680	681
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *fam. lam.*	4,2	4,2	3,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *perdurans*	2,2	1,2	3,2	4,2
Gloeocapsa dermochroa	2,2	2,3		1,3
Gloeocapsa nigrescens	1,2	2,2	1,2	
Stigonema minutum	4,3	3,3	3,2	2,3
Calothrix parietina	2,2	2,2	3,2	2,2
Dichothrix gypsophila	2,2	2,2	2,2	2,2
Hydrocoleus vaginatus	1,2	1,2		

Aus obenstehender Tabelle geht die Einförmigkeit und Konstanz in der Artenzusammensetzung eindrucksvoll hervor. Unter den hauptsächlichen bestandbildenden Arten wechselt das relative Verhältnis der Individuenzahl in den vier Materialien innerhalb nur enger Grenzen. Der etwas höhere Benetzungsgrad des Standortes der Proben 678 und 679 kommt in der Vertretung von *Hydrocoleus vaginatus* und im Vorherrschen des mittelweithülligen Zustandes der *Gloeocapsa sanguinea* zum Ausdruck. In allen Materialien aber sind wiederum *Gloeocapsa sanguinea* und *Stigonema minutum* weit vorherrschend. In drei Proben ist die gelbhüllige *Gloeocapsa dermochroa* vertreten. Sie liegt in den vielzelligen, mehr oder weniger kugeligen Lagern vor, wie wir sie bei Geitler (1930) abgebildet sehen.

c. Rundhöckermassiv

Ungefähr in der Mitte der linken Seeseite, etwa 100 m unterhalb der Kontaktzone des Kristallins und seiner Sedimentdecke, ragt ein Rundhöckermassiv etwa 40 m weit in den See hinaus. Landeinwärts ist auf seinem Grunde das Hütten-Restaurant gebaut. Dieses Massiv erhebt sich in seinem höchsten Punkte ungefähr 10 m über den Seespiegel. Sein Rücken ist mannigfaltig gegliedert in kleine Hügel und Tälchen, Mulden, Löcher und Spalten. Nach S fällt es in fast senkrechten Wänden

zum See ab, nach W hin sind seine Wände verschieden stark geneigt, und nach N läuft das Massiv in ein ziemlich flaches Seeufer aus.

In den von Detritus und Humus angefüllten Mulden, Spalten und Rinnen haben sich Alpenrosengebüsch mit mancherlei Gras und Blumen zu dichten Beständen entwickelt. Dazwischen aber erstrecken sich vielerorts in dem vom Gletscher glatt geschliffenen Gestein flache Rinnen, in denen Schmelz- und Regenwasser, aber auch Sickerwasser aus den Alpenrosenbeständen und aus Felsritzen abfließt oder absickert. Auf diesem Felsmassiv läßt sich eine ganze Reihe von Biotopen auseinanderhalten, die durch ihre ökologischen Verhältnisse und demgemäß auch durch ihre Vegetation weitgehend verschieden sind. Wir haben unter ihnen die folgenden einer Untersuchung unterzogen:

1. Scheitel- und Stirnflächen des nackten Gesteins

Sie werden nur von Niederschlägen benetzt und liefern die trockensten Standorte des Rundhöckermassivs.

Auf ihnen fehlen die Algen. Um so üppiger sind sie von Flechten besetzt. Vielerorts schließen auf solchen Felsflächen die Flechtenlager so dicht aneinander, daß von der Gesteinsoberfläche nichts mehr zu sehen ist.

Am auffallendsten unter dieser Flechtenvegetation ist immer, und nicht nur auf den Felsen unseres Rundhöckermassivs, sondern im gesamten Gneisgebiet von Barberine, *Rhizocarpon geographicum,* dessen gelbe Lager weithin leuchten. Daneben sind noch zahlreiche andere Arten überaus reichlich vertreten. Wir haben unter ihnen die folgenden notiert:

Rhizocarpon alpicola
Rhizocarpon badioatrum
Aspicilia cinerea
Aspicilia alpina
Haematomma ventosum
Acarospora fuscata
Acarospora chlorophana
Physcia stellaris
Thamnolia vermicularis
Lecanora atra
Candelariella vitellina
Lecidea latypaea
» *fumosa*
» *cinereoatra*
Diploschistes scruposus
Psoroma lanuginosum
Gyrophora polyphylla
Gyrophora cylindrica
Umbilicaria pustulata
Parmelia saxatilis
Parmelia prolixa
Placodium saxicola
Placodium chrysoleucum
Caloplaca elegans
Lecidea confluens
Parmelia encausta
Parmelia stygia
Cladonia uncinata
Alectoria lanata
Alectoria ochroleuca
Cetraria islandica
Cetraria cucullata

2. Mehr oder weniger stark geneigte Flächen von Stirnwänden und flachen Mulden, die Riesel- und Sickerwasser aus höheren Lagen ableiten (Tafel 11 b)

Unter diesen Standorten sind die Benetzungsstufen 3—5 mit allen Übergängen vertreten. Entsprechend diesen Feuchtigkeitsverhältnissen zeigt sich auch ihre Vegetation. Auf der einen Seite (höchste Feuchtigkeit) schließt sie an diejenige der Tintenstriche an, auf der andern Seite (höchste Trockenheit) leitet sie zum Flechtenareal über. Solche Übergänge sind an vielen Einzelstandorten verwirklicht, so z. B. in den flachen Rinnen; längs der tiefsten Stelle ihres Querprofils zeigen sich solche Standorte am häufigsten und während der längsten Dauer benetzt, während nach den Rändern der Rinne zu Intensität, Dauer und Häufigkeit der Benetzung abnehmen.

Immer finden wir in solchen Rinnenvertiefungen (Mat. 682—685) als dominierendes Element *Gloeocapsa sanguinea* und *Stigonema minutum*. Die erstere ist im st. *col. fam. lam.*, also im Zustande mittelweiter, intensiv rot gefärbter Hüllen vertreten längs der Mittellinie der Rinne, während ihre Lager um so enghülliger werden, je weiter auswärts, das heißt je näher dem Rande der Mulde das Material gesammelt wurde. *Stigonema minutum*, das in umfangreichen Lagern sehr üppig vertreten ist, liegt an den Stellen höchster Benetzungsdauer, also längs der Mittellinie, in freien, unverpilzten Lagern vor. Je weiter aber ihr Wuchsort außerhalb dieser Linie liegt, um so stärker sind ihre Lager verpilzt, und in den trockensten Orten liegt die Alge ausschließlich als gut ausgebildete Ephebe-Flechte vor. Ihre dunkelolivgrünen Lager bilden alsdann auf dem Gestein dichte, oft m^2 umfassende Rasen. Außer den beiden genannten Algen haben wir keine weiteren finden können.

3. Kleine Wasseransammlung von ca. 30 cm Durchmesser und 4 cm Tiefe auf horizontaler Gneisbank, am Ostufer des Sees beim Hütten-Restaurant.

Der Grund der Wasseransammlung ist mit kleineren Gneissplittern, Flugstaub und Pflanzenresten bedeckt. Während längerer Perioden trocknet der Standort aus.

Im Grundschlamm dieser Pfütze (Mat. 686) findet sich ein individuenreicher Bestand von *Chroococcus minutus* in zumeist zwei-, seltener ein- oder vierzelligen Lagern. Alle Zellen weisen in ihrem Plasma 2 bis 10 deutlich sichtbare Einschlüsse (Ectoplasten) auf. Durch dieses Merkmal unterscheidet sich unsere Alge von *Chroococcus minutus*, der in Migulas *Cryptogamae Germaniae* et *Helvetiae exsiccatae Fasc.* 26 und 27 ausgegeben wurde. Wir glauben aber nicht, daß dieser Unter-

schied es notwendig macht, unser Material zu einer eigenen systematischen Einheit zu erheben.

Neben *Chroococcus,* der wohl 90 % des Bestandes ausmacht, notierten wir : *Synechococcus aeruginosus, Clamydomonas* sp., *Haematococcus pluvialis, Calothrix parietina, Plectonema* sp. und einige Kieselalgen (Tafel 10 b).

Wir haben 4 derartige Wasserpfützen untersucht und darin immer die 3 erstgenannten Arten gefunden, wobei das eine Mal *Chroococcus minutus,* das andere Mal *Haematococcus pluvialis* vorherrschte.

d) Das Gebiet des anstehenden Kalkes

Im Kalkgebiet um den Barberinesee sind es hauptsächlich zwei Felsmassive, die sich für die Untersuchung der Vegetation besonders eignen: 1. eine auf der E-Seite des Sees unweit der Gneis-Kalk-Kontaktzone senkrecht aus dem Wasser aufsteigende Wand von etwa 5 m Höhe, und 2. ein, einen kleinen Fjord bildendes und stellenweise etwas unterhöhltes, etwa 20 m hohes Felsmassiv im oberen Drittel der E-Seeseite. Beide sind nur vom Boot aus zugänglich; so konnten Proben einzig aus dem Gebiet zwischen dem Wasserspiegel und einer Höhe von 2 m darüber gewonnen werden.

Die sehr rauhe Oberfläche des Gesteins ist an beiden Orten ziemlich einheitlich dunkelgrau gefärbt; diese Farbe ist hervorgerufen durch die Algenvegetation, die in sehr dünner oder mitunter 1—2 mm dicker Kruste dem Stein aufliegt.

An der hohen Felswand auf der W-Seite des Sees hellt sich in den höheren Regionen die Patina, die das Gestein färbt, auf. Offenbar ist dort, infolge rascher Oberflächenerneuerung durch Verwitterung und Steinschlag, die Vegetation weniger dicht als in den tieferen Lagen über dem See. Im einheitlichen Hellgrau dieser Flächen zeichnen sich, von weither sichtbar, Bänder von blaugrauer, aschgrauer Farbe ab, die, mehrere Meter breit, von der oberen Kante der Wand bis in geringe Höhe über dem Seespiegel herunterlaufen. In Farbe und Aussehen sind alle diese Bänder einheitlich. Sie stellen die Abflußstellen des über der Felskante sich sammelnden Riesel- und Sickerwassers dar und sind darum in ihrer Entstehung den Tintenstrichen des Silikatgebietes homolog. Es war zu erwarten, daß die verschiedene Färbung auf eine verschiedene Vegetation dieser « Graubänder » zurückzuführen sei.

Betrachten wir zunächst die Vegetation der gleichmäßig dunkelgrau gefärbten Flächen unserer, in die Untersuchung einbezogenen Kalkwände. Wir haben sie an 22 Stellen untersucht und eine dermaßen gleichmäßige, einheitliche Zusammensetzung der Vegetation beobachtet,

daß wir statt der 22 aufgenommenen Listen die Vegetation in einer einzigen darstellen können. Am 13. September 1941 notierten wir (Mat. 687; pH 7,41; Belichtung : Stufe IV) :

Gloeocapsa sanguinea,
st. *col., alpinus, fam. lam.*
st. *col., alpinus, perdurans*
st. *col., alpinus, germinans*
Gloecapsa Kützingiana,
st. *pleurocapsoides*
Scytonema myochrous
Scytonema myochrous,
st. *crustaceus*
Calothrix parietina
Tolypothrix sp.
Synechococcus aeruginosus

Diese Artenliste ist klein. 6 Spezies setzen die Vegetation so ausgedehnter und dicht besiedelter Felsflächen zusammen. Nur das Mengenverhältnis, in dem an verschiedenen Wuchsorter die Arten vertreten sind, ist vielfach, entsprechend den Besonderheiten der jeweiligen ökologischen Verhältnisse, insbesondere der Benetzung, Belichtung usw. verschieden; ebenso unterliegt das Vorherrschen bestimmter Entwicklungszustände gewissen Schwankungen. Diese lassen sich aus den Lebensbedingungen der Wuchsstelle heraus ohne Schwierigkeit erklären.

Unser Standort gehört in die IV. Stufe der Belichtung und 5. Benetzungsstufe (kurze Benetzungs-, lange Trockenperioden). Dieser Hinweis genügt, um die Tatsache zu verstehen, daß ausschließlich Cyanophyceen vertreten sind. Tatsächlich haben wir in sämtlichen 22 untersuchten Proben keine einzige Grünalge und kaum eine oder ein paar ausgebleichte Schalen verirrter Kieselalgen beobachtet. Die immer über allen anderen Arten dominierende *Gloeocapsa sanguinea* liegt ausschließlich in violetthülligen Lagern vor, meist, entsprechend der Trockenheit und der intensiven Insolation, im Zustande von Dauerzellen oder sonst sehr enghülligen Lagern mit derben, intensiv gefärbten Gallerthüllen. Dies ist wiederum in voller Übereinstimmung mit der Reaktion des Standortes, für die wir Werte von pH 6,84—7,71 bestimmten. Daß unter den gegebenen Standortsverhältnissen auch *Gloeocapsa Kützingiana* im Dauersporen-Stadium vorliegt, ist auch verständlich, ebenso, daß die Lager von *Nostoc* vielfach stark verpilzt sind und daß *Collema*-Flechten in frühesten Entwicklungsstadien reichlich vorhanden sind.

Besonders aufschlußreich ist die Betrachtung der in dem vorliegenden Material vertretenen *Scytonema*-Lager. Folgt man bei ihrer Bestimmung der gebräuchlichen Bestimmungsliteratur, so muß man zwei Arten, *Scytonema myochrous* und *Sc. crustaceum* auseinanderhalten. Die Untersuchung der Barberine-Materialien hat uns eines andern belehrt und uns zu der Auffassung geführt, daß *Scytonema crustaceum* eine, durch die ökologischen Verhältnisse der Wuchsstelle bedingte Standortsmodifikation des *Scytonema myochrous* ist.

Der Typus der Art, der durch die reichlichen und gut ausgebildeten freien Doppelverzweigungen charakterisiert ist, zeigt sich in um so schönerer Ausbildung, je nasser der Standort ist. *Scytonema crustaceum* dagegen liegt in « typischer » Ausbildung vornehmlich an sehr trockenen Standorten vor. An Stellen mittlerer Benetzungsgrade, wie sie auf unsern Kalkflächen am Barberinesee vorhanden sind, ist *Scytonema* in Lagern vertreten, die das eine Mal mehr nach *myochrous,* das andere Mal mehr nach *crustaceum* hinweisen. Vielfach liegen sogar in ein und demselben Thallus Fadenpartien vor, welche die Merkmale des echten *Sc. myochrous* tragen, während in geringer Entfernung andere Teile derselben Fäden alle Merkmale des bisherigen *Sc. crustaceum* zeigen. Unter diesen Merkmalen ist es ja in erster Linie dasjenige der « Schlingen », d. h. der geschlossenen Doppelverzweigungen, welches *Sc. crustaceum* kennzeichnet.

Das gründliche Studium, namentlich des Materials Nr. 687, führte uns zu der Auffassung, daß *Scytonema crustaceum* die Standortsform extrem trockener Wuchsstellen des *Scytonema myochrous* darstellt, wie wir umgekehrt in *Petalonema alatum* die entsprechende Standortsform von Biotopen höchster Benetzungsgrade zu sehen haben. Wir begründeten diese Auffassung in einer speziellen Arbeit (Jaag, 1943) und hatten bereits in einem früheren Kapitel (Abhängigkeit der Dicke der Gallerthüllen und -scheiden vom Benetzungsgrad des Wuchsortes) Gelegenheit, darauf hinzuweisen.

6. Im Gebiet der Jungfrau

Im Hochgebirge des Bündnerlandes und des Wallis, insbesondere am Piz Bernina, Piz Morteratsch, Piz Boval und Piz Margna, am Gornergrat und am Matterhorn hatten wir die Felsvegetation bis in Höhen von 3000—3300 m ü. M. nachweisen und untersuchen können. An allen diesen Orten bilden die Algen noch deutliche Tintenstriche, also dicht geschlossene Bestände, während die Flechten meist in der lockeren Vergesellschaftung weniger Arten vertreten sind. Im Gebiete der Jungfrau wollten wir die Lithophyten bis an die Grenze des ewigen Schnees, d. h. bis in Höhen von rund 4000 m ü. M. verfolgen.

Wir wählten zu dieser Untersuchung den Spätsommer (Ende August/ Anfang September 1942), also eine Jahreszeit, in der auf den Felsflächen, die überhaupt je vom Schnee befreit werden, der Schnee abgeschmolzen war. Die Untersuchung wurde während eines kurzen Aufenthaltes in der Hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch durchgeführt.

Eiger, Mönch und Jungfrau bilden jenes landschaftlich so unge-

heuer eindrucksvolle und darum über die ganze Erde hin berühmte Massiv, das die höchsten Erhebungen nicht nur des Berner Oberlandes, sondern auch der gesamten nördlichen Stammkette der Alpen in sich schließt. Unter den drei mit ewigem Schnee bedeckten Gipfeln erreicht derjenige der Jungfrau mit 4166 m die größte Höhe und wird nur vom Finsteraarhorn (4275 m) übertroffen.

Geologisch gehört das Gebiet den helvetischen Decken und unter ihnen der Morcles-Doldenhorn-Decke an, die sich über das Kristallin des Gastern-Massivs und seine Sedimentdecke geschoben hat. Die Gesteine dieser Decke liegen in umgekehrter Schichtenfolge und tragen zuoberst den kristallinen Kern, den Jungfraugranit, der die Gipfel nicht nur der Jungfrau und des Mönchs, sondern auch diejenigen der dazwischen liegenden Kuppen des « Hôtelfelsens » und des « Sphinx »-Felsens bildet.

Im ganzen Gebiet der Jungfrau tritt die Schichtenfolge dieser drei tektonischen Elemente sehr deutlich in Erscheinung, am auffallendsten und auf einen eng begrenzten Raum zusammengedrängt am Hôtelfelsen, jener etwa 80 m hohen Felskanzel, die westlich des Berghauses das Plateau Jungfraujoch nach S hin begrenzt und mit senkrechten Wänden nach dem Jungfraufirn abfällt.

Der im Kristallin des Gastern-Massivs liegende Fuß des Felsens ragt um etwa 8 m aus dem Eise des Jungfraufirns. Darüber folgt eine 13 m mächtige Schicht von Kalksedimenten des Oberen Jura (Malm), in der aber zwei Keile von zermalmten Gneisen eingelagert sind, und über dem Malm folgt, 14 m mächtig, der Jungfraugranit, der kristalline Kern der Morcles-Doldenhorn-Decke. Dieselbe Schichtenfolge sehen wir auch am Sphinxfelsen, im Gebiete des Berghauses und der Hochalpinen Forschungsstation sowie an den SE- und SW-Flanken des Mönchs.

Stünden diese Felsmassive in geringerer Höhenlage im Genusse ähnlicher jährlicher Niederschlagsmengen, wie sie ungefähr denjenigen des Jungfraujochs entsprechen, so würden sie gewiß mit Algen, Flechten und Moosen dicht bedeckt sein; denn auch das kleinste unter diesen Massiven, der Hôtelfels, wäre noch weitaus groß genug, um in Abflußbahnen von Riesel- und Sickerwasser der Besiedelung durch Algen günstige Vorbedingungen zu schaffen. Namentlich die wetterfesten Granite am Fuß und an der Kuppe des Felsens wären einer solchen Vegetation ein günstiger Wuchsort.

Hier im Hochgebirge aber finden wir eine andere Sachlage vor. Die nach S und W hin senkrecht abfallenden Wände des Hôtelfelsens sind vollkommen kahl. Von Flechten und Algen sind darauf keine Spuren zu erkennen. Nur auf der waagrecht liegenden Plattform des Felsgipfels

hat sich, vor allem im Gebiete der Absitzstellen der Bergdohlen, ein spärlicher Bestand von Flechten angesiedelt, in dem *Caloplaca elegans, Rhizocarpon geographicum, Lecidea confluens, Candelariella vitellina* und einige andere Flechten am reichlichsten vertreten sind.

Noch ärmer ist die Vegetation des Sphinxfelsens. Obwohl auch seine Kuppe aus Jungfraugranit besteht und wie diejenige des Hôtelfelsens im Sommer schneefrei ist, konnten wir von Algen keine Spur und von Flechten nur spärliche, weit auseinander liegende Lager finden. Auch auf dem im Malm liegenden Felsband über dem Berghaus und der Forschungsstation oder den Granitfelsen, auf denen diese Bauten ruhen, ist keinerlei Vegetation zu erkennen.

Steigen wir nun aber höher, erklettern z. B. vom Mönchsjoch aus die E-Wand des Mönchs bis zum Rande des ewigen Schnees in zirka 3800 m ü. M., so begegnen wir zwischen ausgedehnten Steilflächen, die dem Auge völlig vegetationslos erscheinen, Felsbändern, die mit Flechten reich bewachsen sind. Wir finden dort vorzugsweise *Rhizocarpon geographicum, Rhizocarpon alpicola, Umbilicaria polyphylla, Lecanora badia, Candelariella vitellina, Caloplaca elegans, Haematomma ventosum* usw. In Felsspalten wuchern da und dort Saxifraga-Rasen in ausgedehnten Polstern. Vielfach sind die Flechten in geraden oder gekrümmten Linien auf dem Gestein ausgerichtet. Sie nehmen den Anfang ihrer Entwicklung meist in kleinen und kleinsten Ritzen, Spalten und Vertiefungen des Gesteins, und beim ersten Zuschauen könnte man den Eindruck bekommen, die Flechten selbst hätten diese Vertiefungen im Gestein geschaffen, so innig schmiegen sie sich diesen an. Dies ist aber nicht der Fall. Die Flechten nützen nur die durch die Verwitterung entstehenden Risse als Ankerplätze für ihre Rhizoiden und das darin kapillar zurückgehaltene Wasser für sich aus. Ritzen und Risse im Gestein sind die Stellen, von denen aus die Flechtenvegetation ihren Anfang nimmt.

Im Gebiete des Mönchs folgen die Flechten den Abflußspuren des spärlich fließenden Schmelzwassers. In andern Gebieten fanden wir solche Wasserspuren von Algen bedeckt, hier dagegen von Flechten, und die noch trockeneren Standorte, die in andern Untersuchungsgebieten den Flechten zukamen, sind hier vegetationslos. Hier im Hochgebirge ist in der Abhängigkeit der Besiedelung von den Feuchtigkeitsverhältnissen des Standorts also eine Verschiebung eingetreten, und diese hilft uns, die Vegetationsverhältnisse im Gipfelgebiet der Jungfrau und des Mönchs zu erklären.

Der kompakte Granit ist hier ziemlich glatt, wenig gespalten und auch an der Oberfläche nur von verhältnismäßig wenigen Rissen und

Ritzen durchzogen. Das bißchen Wasser, das auf diesen senkrechten Flächen, auf denen kein Schnee liegen bleibt und kein Schmelzwasser abfließt, wird von der Sonne in kürzester Zeit weggetrocknet. Während der Nacht und des größten Teils des Tages sind diese Gesteinsoberflächen trocken. So stellt dieser Granitfels einen extrem ariden Standort dar, der trotz der hohen jährlichen Niederschlagsmenge der Gegend sogar den Flechten zu trocken ist. Diese werden auf jene begünstigten Felsflächen zurückgedrängt, wo Schmelzwasser zeitweise abfließt, oder wo in Ritzen und Spalten geringe Wassermengen während bestimmter Zeit zurückgehalten werden, also auf jene Stellen, die in tiefern Lagen von ausgedehnten Algenbeständen besiedelt werden. Hier im Hochgebirge ist in sonnenexponierter Lage trotz der hohen Niederschlagsmenge der Gegend der Standort, gemessen an den Ansprüchen der Algen, zu trocken. Ähnlich liegen die Verhältnisse in dem unter dem Jungfraugranit anstehenden Hochgebirgskalk, auf dem Algen ebenfalls völlig fehlen, während, wie auf dem Granit, die Flechten, hauptsächlich *Verrucaria* sp., die Abflußstellen des Schmelzwassers bewohnen. Vom Mönchsjoch (ca. 3500 m ü. M.) bis zum Gletscherrand (ca. 3800 m ü. M.) zeigen sich in den Vegetationsverhältnissen kaum Unterschiede.

An der SE-Flanke der Jungfrau liegen die Verhältnisse auf weite Strecken hin ähnlich. Große Flächen sind dort vegetationslos, andere dagegen mit Flechten so dicht besetzt, daß sie mit ihrer gelbgrünen *(Rhizocarpon geographicum)* oder orange-roten *(Caloplaca elegans)* oder schwarzen Farbe weithin erkennbar sind. Die gewaltige Felswand an der S-Flanke der Jungfrau birgt aber auch ausgedehnte, typische Tintenstriche (Tafel 12 a). Diese reichen bis unweit unterhalb des Berggipfels, also bis in Höhen von rund 4000 m ü. M. Diese Tintenstrichgebiete stellen Felsflächen dar, wo Schmelzwasser während des Hoch- und Spätsommers sozusagen jeden Tag während einiger Stunden abfließt oder absickert.

Tintenstriche kommen also in den Alpen bis in die größten Höhen vor, sofern hinsichtlich der Benetzung günstige Verhältnisse gegeben sind. Die höchstgelegenen Tintenstriche, die wir im Laufe unserer gesamten Untersuchungen beobachten konnten, sind diejenigen unter dem Jungfraugipfel. Beim Aufstieg vom Rottalsattel zum Jungfraugipfel sind sie gut sichtbar. Sie sind aber leider nicht zugänglich, und wir können darum nichts aussagen über die Zusammensetzung ihrer Vegetation. Es dürfte sich dabei aber, ähnlich wie in den höchstgelegenen Tintenstrichen des Matterhorns und des Piz Boval, um eine Massenentfaltung von *Gloeocapsa sanguinea* und eventuell *Stigonema minutum* handeln (Tafel 12 a; Tintenstriche sind leider auf dem Bilde nicht sichtbar).

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß die Algenvegetation in Europa keine klimatische Höhengrenze kennt. Denn es ist durchaus zu erwarten, daß Tintenstriche bis zum Gipfel des Mont Blanc reichen würden, sofern dort schnee- und eisfreie Flächen auf einem nicht allzu rasch abwitternden Gestein der Ansiedelung von Algen zur Verfügung stünden. Diesbezügliche Untersuchungen müssen aber noch in beträchtlichem Maße erweitert werden.

Verfolgen wir die Kryptogamenvegetation nun bergabwärts, so sehen wir, daß die gewaltigen, senkrecht abfallenden Kalkwände über dem Eigergletscher flechten- und algenfrei sind. Bei der Station Eismeer der Jungfraubahn lassen sich solche Wände überblicken. Wohl wurzeln in erdgefüllten Felsnischen Horste von *Poa alpina*. Flechten und Algen aber fehlen. Ihnen ist die glatte Wand zu trocken.

Betrachten wir nun die N-Flanke des gesamten Massivs Eiger-Mönch-Jungfrau von der Kleinen Scheidegg aus, so sucht man in den Gipfelzonen, die beinahe das ganze Jahr hindurch vereist sind, Tintenstriche umsonst. Aber von jener Höhenlage an, wo das Eis abschmilzt, wo also Schmelzwasser abfließt, erscheinen sofort deutliche Algenbänder, und diese nehmen an Zahl und Größe talwärts immer zu. Die Eiger-Nordwand, die unter dem Eigergletscher abfallende N-Flanke des Schwarzmönchs und diejenige des Silberhorns zeigen Tintenstrichgebiete von sehr eindrücklicher Ausbildung und lassen damit erkennen, daß auch die glatte Oberfläche des Hochalpenkalks von dichten Algenbeständen bedeckt sein kann, wenn diesen nur während genügend langer Dauer Wasser zur Verfügung steht.

Der Weg vom Berghaus nach dem Plateau des Jungfraujochs (3460 m ü. M.), dem Hôtelfels und dem Eispalast (einem in den Jungfraufirn kunstvoll eingehauenen, weitläufigen Raum) führt über eine durch einen Bretterverschlag nach der Gletscherseite hin abgeschlossene Galerie der nackten, senkrecht abfallenden Felswand entlang. Diese liegt ein Stück weit im Gneis und ist während langer Perioden, im Sommer wohl andauernd, feucht, an manchen Stellen sogar von einem sehr dünnen Film fließenden Wassers benetzt.

Durch die Bretterwand ist die Gesteinsoberfläche der direkten Besonnung entzogen, aber durch einige Fenster fällt diffuses Tageslicht auf den Fels. Dieser ist an den Stellen mäßiger Belichtung von einem dichten, grünen Algenüberzug bedeckt. In dem davon gefaßten Material 698 bestimmten wir folgende Arten :

Chloridella neglecta Pascher, eine kugelige, einzellige Heterokontenalge, die an Individuenzahl die übrigen Arten weit übertrifft, sodann

Hormidium flaccidum A. Br. *Stichococcus bacillaris* Gay *Coccomyxa cf. turicensis* Jaag *Chamaesiphon subglobosus* (Rostaf.) Lemmerm. *Phormidium fragile* *Phormidium autumnale*	Diese Arten sind ebenfalls sehr reichlich und ungefähr gleich stark vertreten, erreichen die erstgenannte aber an Individuenzahl nicht.

An den Abflußstellen des Schmelzwassers bildet *Phormidium autumnale* ausgedehnte, dunkle, blaugrüne, schleimige Lager in fast reinem Bestande.

Die hier aufgeführten Arten verleugnen die Ansprüche nicht, die wir von ihnen auch aus der Ebene kennen. Dort bildet *Phormidium autumnale* auf dem flachen Grund und den Ufern von Flüssen weit ausgedehnte Bestände, vor allem in der kalten Jahreszeit. Der im Sommer andauernd benetzte, im Winter dagegen von einer Eiskruste bedeckte Wuchsort mit verhältnismäßig schwacher Belichtung auf dem Jungfraujoch entspricht also weitgehend dem Standortstyp, den die Blaualge in der Ebene bewohnt. Auch die im Material festgestellten Grünalgen kennen wir bereits aus der Ebene. Dort bilden sie an den der direkten Besonnung entzogenen Stellen, auf Baumstämmen, beschattetem, feuchtem Fels usw. die bereits mehrfach erwähnten, fast reinen Bestände. Der extrem hochgelegene Wuchsort hindert also diese Algen an ihrer Entwicklung in keiner Weise. Wenn sie auf den freien Felsflächen des Jungfraumassivs und anderer Gebiete im Hochgebirge nicht zu finden sind, so liegt dies allein am Fehlen geeigneter Standorte, insbesondere genügender Feuchtigkeit und, was die grünen Algen anbetrifft, in erster Linie des Schutzes vor direkter Besonnung.

Dies gibt uns die Erklärung für die Verarmung an Arten in den höchstgelegenen Gebieten des Gebirges : es ist das Fehlen geeigneter Standorte. Sobald diese gegeben sind, finden wir auch eine große Zahl derjenigen Arten, die wir aus der Ebene kennen.

7. Bei Mels (480 m ü. M.)

Unweit hinter dem Bahnhof Mels, jenseits der Seez, ist in einem früher ausgebeuteten Steinbruch der graue Melser Sandstein angeschnitten. Dieser Quarzitsandstein gehört der untern Trias (Buntsandstein) an und enthält in einem Bindemittel aus Sericit und Quarz weisse und blaßrötliche Quarz- und Feldspatkörner. Etwas weiter talabwärts schließt sich ihm der rote Verrucano an, eine permische Ablagerung aus metamorphen Konglomeraten, Breccien, Quarzitsandsteinen, Sandsteinen, Tonschiefern, vulkanischen Tuffen usw.; er ist ganz ein Silikatgestein.

Dieser Steinbruch, dessen senkrechte, etwa 8 m hohe Wände nach N und NW exponiert und auf ihrem Scheitel mit Wald bestanden sind, ist für unsere Untersuchungen in besonderer Weise geeignet, weil hier auf saurem Substrat in geringer Höhenlage, nördlich der Alpen, eine reiche Algenvegetation ausgebildet ist und deren Vergleich mit derjenigen des Silikatgesteins südlich der Alpen und im Hochgebirge interessante Schlüsse zuläßt.

Wir haben in diesem eng begrenzten Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung der verschiedenen ökologischen Verhältnisse der einzelnen, unweit nebeneinander liegenden Standorte 14 Materialien untersucht (Tabelle 34). Nr. 358 entstammt einer in jüngster Zeit durch Sprengung freigelegten Felsoberfläche, die nach NW exponiert ist und durch den darüber anstehenden Laubwald beschattet wird (Belichtung Stufe I); das Material stammt aus dem Bezirk eines durch seine Vegetation lebhaft grün gefärbten Rieselwasserstreifens. Außerhalb dieses letzteren ist der graue Fels vegetationsfrei. Diese lebhaft grüne Algenkruste besteht zur Hauptsache aus *Protococcus viridis,* dem vereinzelte Lager eines, ohne Reinkulturen kaum bestimmbaren *Cystococcus,* sodann verstreut liegende Einzelzellen von *Synechococcus aeruginosus,* beigesellt sind.

Dauern die Perioden der Benetzung länger, ist die Menge des abfließenden Rieselwassers größer und die Felsoberfläche seit längerer Zeit der Luft ausgesetzt, so tritt an die Stelle der Grünalgen ein Überzug von Blaualgen. Insbesondere *Schizothrix,* eine Alge, die sich mit keiner der bis heute beschriebenen Arten vollkommen identifizieren läßt und am ehesten mit *Schizothrix arenaria* übereinstimmt, bildet ausgedehnte zusammenhängende Krusten, in denen Kalk gefällt wird. Wird der Fels aber trocken und zeitweise besonnt, so schrumpfen diese Lager, lösen sich in Form von Schuppen und Fetzen vom Fels ab und werden vom nächsten größeren Rieselwasser weggespült (Mat. 359, Tafel 13 a).

Die nach W exponierte senkrechte Wand (Tafel 12 b) zeigt eine ziemlich glatte Oberfläche, die seit vielen Jahrzehnten freigelegt ist und die annähernd auf der gesamten Fläche durch Riesel- und Sickerwasser zeitweise, an verschiedenen Stellen aber während verschieden langer Dauer, benetzt wird; Belichtung: Stufe II. Der Fels zeigt sich demgemäß im Schmucke einer dicht geschlossenen Algendecke, die nur da fehlt, wo die Oberfläche durch die Absplitterung äußerer Gesteinslamellen in jüngster Zeit erneuert wurde. Da durch diese Absplitterung fortwährend neue Felsflächen freigelegt werden, läßt sich auf diesen die Aufeinanderfolge der sich ansiedelnden Arten, die Entwicklung der Tintenstrichvegetation schön verfolgen. Ihre jüngsten Stadien liegen in den Materialien Nrn. 101, 105 und 114 vor. Ihre Artenzahl ist sehr

gering. So sind in Material 114 nur zwei Arten vertreten, *Gloeocapsa sanguinea* im Zustande mittelweiter und mittelstark rot gefärbter Hüllen und *Stigonema minutum.* Dieses tritt gegenüber der ersteren, die wohl 70 % der Individuen (bzw. Kolonien) ausmacht, stark zurück. Nrn. 101 und 105 weisen dieselben Arten auf; *Gloeocapsa sanguinea* bestreitet in diesen Materialien 90—95 % des gesamten Bestandes, während *Stigonema* etwas mehr als in Nr. 114 zurücktritt. Dagegen sind zahlreiche Zellen, mitunter auch Zellnester, von *Mesotaenium macrococcum* var. *micrococcum* eingestreut.

Etwas weiter fortgeschrittene Stadien der Vegetationsentwicklung liegen in den Materialien Nrn. 103, 102, 104 und 124 vor. Im wesentlichen, namentlich im Vorherrschen der *Gloeocapsa sanguinea* und des *Stigonema minutum,* zeigen sie dasselbe Bild wie die vorigen Materialien; aber weitere Arten haben sich dazu gesellt. Als neue Elemente treten auf : *Tolypothrix* cf. *epilithica* (Nr. 103), *Scytonema myochrous* st. *crustaceus* und *Nostoc microscopicum* (Nr. 102), *Calothrix parietina* (Nr. 104) und *Gloeocapsa nigrescens* (Nr. 124). Interessant ist das Auftreten von *Gloeocapsa sanguinea* mit violett gefärbten Hüllen in den drei letztgenannten Materialien. Diese Erscheinung läßt sich unschwer erklären durch die Reaktion des Sickerwassers, die sich mit pH 6,6 im Bereich des Farbumschlagspunktes des Gloeocapsins befindet.

Gut entwickelte Tintenstriche sind in den Materialien Nrn. 123 und 125 vertreten. Der allgemeine Aspekt im mikroskopischen Bild hat sich auch hier nicht verändert. Wohl ist eine ganze Reihe neuer Formen dazugekommen. Diese aber treten gegenüber den Hauptarten *Gloeocapsa sanguinea* und *Stigonema minutum,* die zusammen immer noch 90—95 % der vorhandenen Lager ausmachen, stark zurück. Die neuen Elemente erscheinen unter den Hauptvertretern eher spärlich eingestreut, wenn sie auch gelegentlich in größeren Nestern, wie *Scytonema crustaceum,* oder sogar in ausgedehnten Beständen, wie *Trentepohlia aurea,* auftreten können. Die neu hinzugekommenen Arten sind : *Gloeocapsa punctata, Synechococcus aeruginosus, Scytonema myochrous* st. *crustaceus, Calothrix parietina, Phormidium favosum, Microcoleus paludosus, Microcystis* cf. *parasitica, Schizothrix* cf. *arenaria, Trentepohlia aurea* und Flechtenanfänge, insbesondere Lichenisationsstadien der Lager von *Nostoc sphaericum.*

Diese Liste zeigt, daß in den Materialien Nrn. 123 und 125 ökologisch nicht ganz einheitliche Standorte in die Untersuchung einbezogen wurden. *Trentepohlia aurea* weist auf einen Standort hin, der während langer Perioden trocken liegt und unter schwacher Belichtung steht (Stufe II), die Flechtenanfänge sogar auf Felsflächen, die nur von Niederschlägen benetzt werden. Sie leiten zu dem Areal der voll ent-

Tab. 34

Material Nr.	123	125	124	104	102	103	105	114	101	91	353	445	358	359
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., Ralfsianus*														
st. *col., fam. lam.*	4; 5	4; 5	4; 5	3; 3	4; 5	4; 5	5; 5	4; 5	4; 5	4; 5	3; 3	4; 5		
st. *col., magma*											1; 2			
st. *col., perdurans*														
st. *col., alpinus, fam. lam.*	+; 2	+; 2	+; 2	+; 2	+; 2							+; 2		
st. *col., alpinus, perdurans*														
Gloeocapsa compacta										+; 2				
Gloeocapsa punctata	+; 2	1; 2												
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*										+; 1				
Gloeocapsa nigrescens			+; 2											
Gloeothece fusco-lutea												+; 3		
Chroococcus tenax												+; 1		
Microcystis cf. *parasitica*		+; 2												
Synechococcus aeruginosus	+; 1	+; 1											+; 1	
Stigonema minutum	2; 2	2; 2	2; 2	4; 5	2; 2	2; 2	1 + 2	2; 2	1; 2		2; 2			
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*	1; 2	1; 2		1; 2	1; 2									
Calothrix parietina	+; 2	+; 2	+; 2	+; 2						+; 2	+; 2			
Dichothrix Orsiniana											+; 2			
Phormidium favosum	+; 2	+; 2												
Microcoleus sociatus											+; 2			
Microcoleus paludosus	+; 2	+; 2												
Tolypothrix cf. *epilithica*	+; 2	+; 2				1; 2					+; 2			
Schizothrix cf. *arenaria*		+; 2												5; 5
Nostoc sphaericum	+; 2	+; 2												
Nostoc microscopicum					+; 2							+; 2		
Melosira Roeseana	+; 1													
Trentepohlia aurea	+; 3	+; 2												
Mesotaenium macrococcum		+; 1					+; 1		+; 1		+; 1			
Protococcus viridis													5; 2	
Cystococcus sp.													0; 1	
Flechtenanfänge	+; 2	+; 2												

wickelten Flechten hinüber. Im Gegensatz dazu verraten *Microcoleus paludosus, Phormidium favosum* und *Schizothrix* cf. *arenaria* Stellen, über denen verhältnismäßig häufig Sickerwasser in beträchtlichen Mengen abfließt. Die Liste liefert uns so einen Querschnitt durch die auf der Felswand vertretene Vegetation, soweit Algen an ihr beteiligt sind.

Die Vegetation entwickelt sich auf unserer Felswand noch über das Stadium der Tintenstriche hinaus, indem sich auf ihren nur regenbenetzten Stellen reichlich Flechten einstellen. Überdies aber entfalten sich auch ausgebreitete Moosrasen auf dem mehr oder weniger glatten Fels. Diese nehmen ihren Ausgang in Ritzen und Löchern des Gesteins, ausgefüllt von feiner Erde, die durch das herabrieselnde Wasser aus dem über der Wand anstehenden Waldboden mitgeführt wird. Solche Erdkrümchen kleben sich aber auch auf der schleimigen Oberfläche der Cyanophyceenalgen an, so daß diese ganz mit brauner Erde bedeckt sein können; diese Krusten werden von Moosprotonemen, *Trentepohlia* usw. durchwuchert, und dadurch immer fester zusammengehalten, so daß die dichten Moosrasen einer höheren Vegetation als Ausgangspunkt dienen können. In ihnen setzen sich schließlich Blütenpflanzen an.

Gesamthaft betrachtet, lassen sich in den angeführten Artenlisten die ökologischen Verhältnisse der verschiedenen Standorte deutlich erkennen. Die der Sonne abgewandte Exposition verrät sich in der verhältnismäßig schwachen Färbung der Hüllen von *Gloeocapsa sanguinea,* im Vorhandensein der *Gloeocapsa punctata,* deren Hüllen ungefärbt sind, und im reichlichen Auftreten von Grünalgen, unter denen *Trentepohlia aurea* in größeren Beständen, *Protococcus viridis* sogar als die über alle anderen Algen dominierende Art auftreten kann. Die saure Natur des Gesteins tritt in der Rotfärbung der Hüllen von *Gloeocapsa sanguinea* und in der starken Entfaltung von *Stigonema minutum* in Erscheinung. Daß in verschiedenen Materialien Übergänge von der Rot- zur Violettfärbung der Hüllen angedeutet sind, zeigt, daß die Reaktion des Riesel- und Sickerwassers dem Umschlagspunkt des Gloeocapsins, also einem pH-Wert von 6,5, nahe ist.

8. Bei Erstfeld

Das Gebiet um Erstfeld, das wegen des anormalen Kontaktes zwischen den kristallinen herzynischen Gesteinen des Aarmassivs und dessen Sedimentdecke das besondere Interesse der Geologen auf sich gezogen hat, eignet sich auch zum Studium der Algenvegetation in hervorragendem Maße, weil hier in demselben Makroklima, derselben Höhenlage und Exposition das basische und das saure Substrat unmittelbar aneinanderstoßen.

In mächtigen Felswänden steht unterhalb des Dorfes Erstfeld zu beiden Seiten der Reuß der autochthone Malmkalk (Argovien, Sequanien, Portlandien) in SW-Exposition an, in vielen Verfaltungen steil nach S ansteigend, während auf der Höhe des nördlichen Dorfeinganges der Erstfelder Gneis, ein Orthogneis von 74—70 % SiO_2, in nicht weniger senkrechten Wänden mit steil ansteigender Kontaktzone unter dem Kalk zum Vorschein kommt, und dessen gewaltige Felswände bis zum Gotthard das Reußtal einschließen.

Klimatisch liegt die Gegend von Erstfeld am Übergang vom ozeanischen zum Kontinentalklima. Sie zeigt eine mittlere Niederschlagsmenge von 140 cm und steht den Nord- und Südwinden (Föhn!) offen. Die Felsvegetation auf der rechten Talseite befindet sich indirekt unter dem Einfluß der überaus niederschlagsreichen (zirka 300 cm), hochragenden Bergwände des Schwarzgrates (2021 m), Belmetens (2417 m), Hohen Faulens (2518 m) und des Rinderstocks (2214 m), die steil gegen das Reußtal abfallen. Der Wald, der sie bedeckt, nimmt die Niederschläge der höheren Regionen in sich auf, um sie, wenigstens zum Teil, als Riesel- und Sickerwasser, da und dort auch in kleinen Sturzbächen, über die senkrecht abfallenden Kalk- und Gneiswände nach dem Talgrund abzuleiten.

Die vergleichende Untersuchung der Vegetation des Gneises einerseits und des Malms anderseits wurde in einer Höhe von 520 m ü. M. auf der rechten Talseite im Gebiete ihrer Kontaktzone oberhalb des unteren Dorfeinganges von Erstfeld vorgenommen.

a) Der Gneisfels

Wie kaum anderswo diesseits der Alpen zeigen die Steilwände mit ihren vom einstigen Reußgletscher gerundeten Formen sowie die dem Berghang vorgelagerten Felstrümmer eine einheitliche, dunkle, düstere Farbe, als ob sich in vergangener Zeit der Ruß der Gotthardbahnlokomotiven darauf niedergeschlagen hätte. Diese dunkle Patina besteht aber nicht aus Kohlenstaub, sondern aus einem geschlossenen Bestand von Blaualgen, wie wir ihn von den Tintenstrichen anderer Bergwände her kennen. Wenn in unserm Untersuchungsgebiet die Felsvegetation nicht in Form von Tintenstrichen, sondern in einer ganz einheitlichen Dunkelfärbung des anstehenden Gesteins und der Felsblöcke im Talgrund ausgebildet ist, so liegt dies in verschiedenen Faktoren begründet : hohe Niederschlagsmenge der Gegend, Reichtum und gleichmäßige Verteilung von Riesel- und Sickerwasser auf breiten Felsflächen und Dauerhaftigkeit, d. h. sehr langsame Verwitterung des Gesteins.

Aus der Nähe betrachtet zeigt die Algenschicht eine deutlich braunrote Färbung. Sie bedeckt den Fels lückenlos, liegt ihm äußerst eng an,

quillt aber bei Benetzung rasch auf und läßt sich alsdann leicht abnehmen.

Die Zusammensetzung dieser Algenschicht, die viele Tausende von Quadratmetern bedeckt, ist außerordentlich eintönig (Materialien 150 bis 156): *Gloeocapsa sanguinea* und *Stigonema minutum* bestreiten wohl 99 % dieses ausgedehnten, dichten Bestandes, während *Plectonema*-Fäden, *Calothrix parietina* und *Synechococcus aeruginosus* nur spärlich beigemischt sind. Die erstgenannte Art, *Gloeocapsa sanguinea,* liegt in den verschiedensten Entwicklungszuständen vor, entsprechend den speziellen ökologischen Verhältnissen ihres Standortes: status *col., perdurans* und st. *col. magma* an trockensten, st. *col., fam. lam.* an mittelfeuchten und st. *col., Ralfsianus* an Sickerwasserstellen, sodann in schwachgefärbtem Zustande st. *pallidus* in Vertiefungen und Ritzen. Wie kaum anderswo läßt sich in diesem Material die Zusammengehörigkeit der als Arten getrennten *Gloeocapsa magma, sanguinea* und *Ralfsiana* nachweisen. Alle diese Entwicklungszustände gehen lückenlos gleitend ineinander über, entsprechend dem Grade der Benetzung und der Belichtung. Violetthüllige Gloeocapsa fehlt vollständig, was angesichts der sauren Reaktion des Riesel- und Sickerwassers (pH 5,81 bis 6,23) durchaus zu erwarten ist. Die beiden erstgenannten, dominierenden Arten zeigen etwa denselben Deckungsgrad. An vorspringenden, also trockeneren Stellen der Felswand ist die Vegetation der Algen vertreten durch eine solche von Flechten und Moosen, und zwischen diesen beiden Arealen liegt wie andernorts jene Zone, in der Pilzhyphen in die Algenlager hineinwachsen und die befallenen Zellen abtöten.

Die zum Teil hausgroßen Felsklötze, die am Rande des Dorfes zwischen Gärten und Wiesen liegen, ergeben dieselbe Artenliste wie die Felswände (Material 156). Nur herrscht das enghüllige Stadium von *Gloeocapsa sanguinea* (st. *magma*) fast unumschränkt, und dies wiederum in voller Übereinstimmung mit dem geringen Benetzungsgrad dieser Felsklötze, die nur von Niederschlägen befeuchtet werden.

b) Der Kalkfels

Unterhalb von Erstfeld, kaum 10 m neben jener Stelle, welcher die im vorigen Kapitel beschriebenen Proben entnommen sind, in genau der gleichen Höhe und Exposition, den gleichen Winden ausgesetzt und von denselben Niederschlägen und ungefähr derselben Menge von Riesel- und Sickerwasser benetzt, steht der Malmkalk in einer mächtigen senkrechten Wand an. Diese zeigt in ihrer Algenvegetation schon makroskopisch ein durchaus anderes Bild als das Urgestein. Auf dem Kalk zeigt sich die Algenkruste nicht in jener dunkeln Farbe, sondern in derselben bläulich-grauen Patina, welche, wie wir in den folgenden Kapiteln

sehen werden, den Steilwänden am Säntis, Bürgenstock, im Kalkgebiet des Hochgebirges, des Hochjura und dessen letzten Ausläufern im Schaffhauser Randen eigen ist.

Auf dieser Kalkwand ob Erstfeld wurden folgende Biotope untersucht :

1. Ein « Grauband », d. h. ein von Rieselwasser mäßig benetzter Streifen der senkrechten Felswand. Benetzungsstufe 3; pH 7,24; Belichtung : Stufe IV; Mat. 134.
2. Rückwand einer ca. 3 m tiefen Grotte, bergfeucht, aber nicht tropfend, schwach belichtet, pH 7,28; Belichtung: Stufe I; Mat. 133, 135, 137 und 139.
3. Horizontale Felsbank, auf die ziemlich regelmäßig Wasser aus etwa 10 m Höhe abtropft (1 Tropfen je Sek.), pH 7,25; Belichtung: Stufe II; Mat. 140.

Die Vegetation dieser Standorte ist in Tabelle 36 dargestellt.

Wie aus den ersten beiden Kolonnen der Liste hervorgeht, zeigt sich in unsern Materialien die violett pigmentierte *Gloeocapsa sanguinea* in der ganzen Mannigfaltigkeit ihrer Entwicklungszustände. Diese liegen nicht regellos durcheinander, sondern jeder Zustand charakterisiert je einen Standort von ganz bestimmten ökologischen Verhältnissen, sei es hinsichtlich des Benetzungsgrades, der Belichtung oder der Reaktion des Wassers. Solche Wuchsorte können eng begrenzt oder weit ausgedehnt sein, dicht nebeneinander oder weit auseinander liegen. Im allgemeinen vermischen sich verschiedene Entwicklungsstadien unserer Alge nur an Stellen, wo die unterschiedlichen ökologischen Verhältnisse ihrer Areale einander berühren.

Eine ähnlich weitgehende Variabilität zeigt in unsern Materialien das gelbe Element : *Gloeocapsa Kützingiana,* die im st. *fam. lam.,* im st. *rupestris* und im st. *pleurocapsoides,* also in genau den entsprechenden, durch den Benetzungsgrad der betreffenden Standorte bedingten Zuständen wie *Gloeocapsa sanguinea* vorliegt. Daß weiterhin *Scytonema* mit den drei Arten (im bisherigen Sinne), nämlich *Sc. crustaceum, Sc. myochrous* und *Sc. mirabile* und dazu gleichzeitig noch *Petalonema alatum* vertreten sind, dürfte ebenfalls kein Zufall sein; dieses gleichzeitige Vorkommen unterstützt unsere Auffassung, daß die bisher als distinkte Spezies betrachteten Algen Ausdrucksformen verschieden feuchter Standorte ein und derselben Art sind.

Stellenweise ist auch im Kalkgebiet *Gloeocapsa sanguinea* mit rotgefärbten Hüllen vertreten. Diese Tatsache kann uns nicht überraschen, wissen wir doch von andern Untersuchungsgebieten her, daß auch gelegentlich der Kalk von saurem Wasser überrieselt werden kann (Abfluß aus Moorgebiet usw.). In unserer Zone des Kalk-Gneis-Kontaktes,

wo Sediment- und Urgestein in ansteigender Berührungsschicht übereinanderliegen, sind die Vorbedingungen für diese Erscheinung durchaus gegeben.

Tabelle 36

Algenarten \ Materialien	134	133[1]	140
Gloeocapsa sanguinea,			
st. *col., alpinus, Ralfsianus* . . .	1,2	4,2	
st. *col., alpinus, fam. lam.*	3,2	2,2	
st. *col., alpinus, perdurans*	2,2	1,2	
st. *col., alpinus, germinans.* . . .	1,2		
st. *pallidus*	1,2	2,2	
Gloeocapsa Kützingiana, st. *fam. lam.*	2,2	2,2	
st. *rupestris*	2,2	2,2	
st. *pleurocapsoides*	1,2		
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*	1,2		
Scytonema myochrous	1,3	1,3	
Scytonema mirabile	1,3	1,3	
Petalonema alatum		2,2	
Nostoc microscopicum		2,2	
Synechococcus aeruginosus	1,1	1,1	
Schizothrix Lamyi			5,5
Tolypothrix epilithica	2,3		
Schizothrix lardacea	2,2		
Camptothrix repens	1,2		
Trentepohlia aurea		stellenweise 5,5	

[1] In dieser Kolonne sind die Materialien der Nrn. 133, 135, 137 und 139 zusammengezogen.

An lichtschwachen Stellen unserer Kalkwand, namentlich in Grotten und Höhlen (Mat. Nrn. 133—139) ist *Gloeocapsa sanguinea* mit äußerst schwach gefärbten oder völlig ungefärbten Hüllen vertreten. Wüßten wir nicht um die Abhängigkeit der Pigmentdichte von der Intensität der Belichtung, so müßten wir die Formen mit farblosen Hüllen zu *Gloeocapsa Grevillei* stellen. Da die Lager im st. *pallidus* aber durch alle Übergänge der Färbungsintensität mit typisch ausgebildeter *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col., alpinus* verbunden sind, so erscheint die Bedeutung der farblosen Formen durchaus klar.

Trentepohlia aurea und *Scytonema myochrous* st. *crustaceus* bilden in der Tiefe der lichtschwachen Grotte, der Material Nr. 139 entnommen ist, ausgedehnte, fast reine Bestände. Auf den Fäden der letztgenannten

Alge kleben reichlich die wenigzelligen Trichome einer noch wenig verständlichen Blaualge : *Camptothrix repens* W. et G. S. West. Geitler hegt Zweifel, ob dieser außer an unserem Standort bisher nur aus Amerika bekannten Alge der Rang einer eigenen Gattung wirklich zukomme. Tatsächlich ist *Camptothrix* manchen Zuständen, die wir bei *Nostoc microscopicum* an nassen Standorten oft beobachten, und die wir in Abb. 40 festgehalten haben, sehr ähnlich. Eine Identifizierung der in Frage stehenden Alge mit diesen *Nostoc*-Lagern ist aber vorläufig noch nicht möglich, und so möchten wir *Camptothrix repens* als Art bestehen lassen. Doch ist in dieser Frage das letzte Wort wohl noch nicht gesprochen.

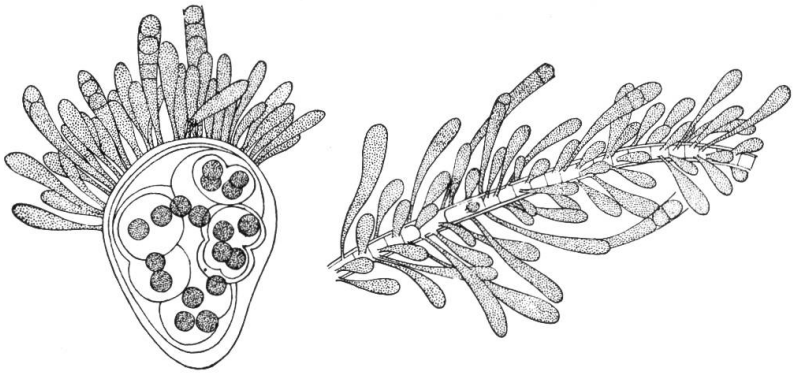

Abb. 40
Chamaesiphon curvatus als Epiphyt auf Lagern von *Gloeocapsa sanguinea* (links) und *Schizothrix fasciculata* (rechts). Aus der Spritzzone eines Wasserfalls oberhalb des Seealpsees am Säntis. Vergr. ca. 350

Die Vegetation des Kalkgesteins unterscheidet sich also in mehrfacher Hinsicht wesentlich von derjenigen des Gneises, nämlich :

1. in der Farbe. Die Gneisvegetation zeigt sich, aus der Ferne betrachtet, in einer sehr dunklen, aus der Nähe gesehen aber in braunroter Farbe; die Vegetation des Kalks erscheint im trokkenen Zustande hellgrau bis bläulichgrau, naß dagegen schmutzig dunkelgrau;
2. in der Dicke der Vegetationsschicht. Gneis : die Algenkruste ist außerordentlich dünn und der Gesteinsoberfläche innig angeklebt. Kalk : eine bis mehrere Millimeter dicke, stark verkalkte, verhältnismäßig leicht abnehmbare, da und dort abblätternde Kruste bildend;
3. in der Artenzusammensetzung. Gneis: neben *Gloeocapsa sanguinea* tritt *Stigonema minutum* als dominierendes Element auf und bestreitet wohl 50 % der Arealdeckung im Bestande. Diese Alge fehlt dem Kalkgebiet praktisch vollkommen. Die Kalkvegetation ist

wesentlich artenreicher als diejenige des Gneises, in welcher neben den beiden dominierenden Arten *Gloeocapsa sanguinea* und *Stigonema minutum* alle übrigen Arten stark zurücktreten;

4. in der Hüllenfärbung der *Gloeocapsa sanguinea*. Gneis: ausnahmslos rothüllige Kolonien; Kalk : Hüllenfärbung violett, nur in Ausnahmefällen rot.

9. Im Taminatal

Die Quellflüsse der Tamina entwässern das Gebiet der Sardona, in dem die Grenzen der Kantone Glarus, Graubünden und St. Gallen zusammenlaufen. Zunächst nimmt das wildbachartige Flüßchen seinen Lauf nach E durch das Calfeisental, das südlichste Tal des St. Galler Oberlandes, biegt bei Vättis nach NE, später nach N um und ergießt bei Ragaz sein Wasser in den Rhein. Nach S hin steht das Taminatal durch den Kunkelspaß mit Reichenau und dem Rheintal in Verbindung.

Die Tamina hat sich ihr Bett tief in die Gesteine der Helvetischen Decken (Mürtschendecke) eingegraben, so tief, daß es rund um das Dorf Vättis bis auf den parautochthonen und autochthonen Kern des Aarmassivs hinuntergreift. So treten im W und E des Dorfes Granit und Gneis an die Oberfläche, und über ihnen türmen sich die triasischen Gesteine, hauptsächlich vertreten in den hochragenden Wänden des Rötidolomits und des Quartenschiefers; dann folgen, bald in normaler, bald in eingewickelter Schichtenfolge, Dogger, Malm, Kreide und tertiäre Ablagerungen.

In diesem Untersuchungsgebiet widmeten wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich der Vegetation :

1. des nordöstlich von Vättis anstehenden Granits,
2. des im Calfeisental anstehenden Rötidolomits,
3. des im Seewerkalk (obere Kreide) liegenden Gipfelgebietes des Drachenberges,
4. des Schrattenkalks oberhalb Wolfjoos,
5. des auf der linken Seite des Taminatales anstehenden Wildflyschs zwischen Ragaz und Pfäfers-Bad.

a) Das Gneisgebiet

Unter den durch die Alluvionen des Talbodens voneinander getrennten Gneisgebieten wurde dasjenige, das auf der linken Seite des Kreuzbaches nordöstlich Vättis unmittelbar über dem Fall ansteht, auf seine Algenvegetation hin untersucht. Der Gneis bildet dort (980 m ü. M.) eine nackte, etwas gerundete Kuppe mit zum Teil steilen und zum Teil mehr oder weniger stark geneigten, ziemlich glatten Wänden. Diese

sind nach S, SE und E exponiert und empfangen außer den Niederschlägen stellenweise Sickerwasser aus Felsritzen und aus höher gelegenen Beständen von Gras und Gebüsch.

Tabelle 38

Algenarten \ Materialien	129	401	425	405	420	128	407	123
Gloeocapsa sanguinea,								
st. *pallidus*		1,2			2,2			
st. *col., fam. lam.*	2,2	2,2	3,2	3,2	1,2	1,2	1,2	2,2
st. *col., magma*		1,2	2,2					
st. *col., alpinus, fam. lam.* .				3,2				2,2
st. *col., alpinus, perdurans* .					2,2	1,1	1,2	1,1
verpilzt		2,2	1,2		1,2	1,2		
Gloeocapsa Kützingiana,								
st. *fam. lam.*				2,2	1,2			1,2
st. *rupestris*				2,2			1,2	
st. *pleurocapsoides*				1,2		1,1	3,1	2,1
verpilzt				2,2			2,2	
Gloeocapsa nigrescens . . .		1,2	1,2					
Stigonema minutum	4,5	3,2	1,2	2,2	1,2			
Chlorogloea microcystoides . .					1,2			
Scytonema myochrous,								
st. *crustaceus*		1,2	1,2			1,2	1,2	2,3
verpilzt		1,3	1,3		1,3			
Dichothrix Orsiniana						5,5		
Tolypothrix Elenkinii					1,2		2,2	
Chroococcus turgidus					1,1			
Synechococcus aeruginosus . .	1,1				1,1			
Trentepohlia aurea					1,2			
Microcoleus vaginatus . . .				2,2				
Nostoc microscopicum . . .					1,2			

In Tabelle 38 sind die Artenlisten der Vegetation von acht untersuchten Felsflächen zusammengestellt. Sie lehren uns nicht viel Neues, bestätigen aber die früheren Befunde in den übrigen Gebieten sauren Gesteins. Außerordentlich einförmig ist die Zusammensetzung der Materialien Nrn. 129, 401 und 425, die von trockensten, SE-exponierten Stellen stammen. Auch in der Ausbildung mittelweiter bis enger Hüllen bei allen vorhandenen *Gloeocapsa*-Arten, in der Verpilzung verschiedener Blaualgen und im st. *crustaceus* des *Scytonema myochrous* wirkt sich die geringe Feuchtigkeit des Standortes (Benetzungsstufe 5) aus. *Microcoleus vaginatus* und *Nostoc microscopicum* der Materialien Nrn. 405

und 420 deuten dagegen auf höhere Feuchtigkeit ihrer Wuchsorte hin. Die Reaktion des Substrats mit pH-Werten von 6,31—6,52 liegt im Bereich des Umschlagspunktes des Gloeocapsins. Dies kommt zum Ausdruck in den Materialien Nrn. 405, 420, 128, 407 und 123 im gleichzeitigen Vorhandensein rot- und violetthülliger *Gloeocapsa sanguinea* sowie im Zurücktreten von *Stigonema minutum*.

Tabelle 39

Algenarten \ Materialien	400	412	409	424	423
Gloeocapsa sanguinea,					
st. *col., alpinus, germinans*				1,1	1,2
st. *col., alpinus, perdurans*	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
st. *col., alpinus, fam. lam.*	2,2	+, 2	1,2		
st. *col., alpinus, Ralfsianus*	+, 1				
st. *col., fam. lam.*	+, 2				
Gloeocapsa Kützingiana,					
st. *germinans*		2,1	1,1		
st. *pleurocapsoides*	4,2	5,1	4,4	4,1	5,5
st. *rupestris*			1,2	1,2	
st. *fam. lam.*				+, 1	
Gloeocapsa Shuttleworthiana			1,1		
Scytonema myochrous, st. *crustaceus* .	+, 2	1,2			
Tolypothrix Elenkinii	1,3				
Chroococcus tenax	1,1				
Synechococcus aeruginosus		1,1			

b) Am Drachenberg

Die in Tabelle 39 zusammengestellten Artenlisten stammen aus dem Gebiet des Seewerkalks auf der Höhe des Drachenloches im Gipfelgebiet des Drachenberges, 2600 m ü. M. Sie wurden Sickerwasserstellen der nach E exponierten Steilwand entnommen. Benetzungsstufe 5, Belichtung: Stufe V; pH 7,01—7,29 (Tafel 13 b). Die extreme Trockenheit der Standorte erklärt die außerordentliche Einförmigkeit dieser Vegetation, die aus 7 Arten, in Material Nr. 409 aus nur 3 und in Nrn. 424 und 423 sogar aus nur je 2 Arten zusammengesetzt ist.

c) Auf dem Rötidolomit

Der Rötidolomit stellt einen Bestandteil der helvetischen Trias dar und entspricht dem oberen Muschelkalk der germanischen Fazies. Er ist ein schon aus der Entfernung kenntlicher dolomitischer Kalk oder Dolo-

mit, von äußerlich weißgelber bis gelbroter Farbe, karrig anwitternd. Oft ist er kieselig und enthält Kieselknollen.

Wir untersuchten seine Algenvegetation auf der rechten Seite des Calfeisentals an einem Felsband, das sich in etwa 1250 m ü. M. in E—W-Richtung südwestlich Vättis über dem Lauf der Tamina hinzieht.

Tabelle 40

Algenarten \ Materialien	421	130	126	426	425	127
Gloeocapsa sanguinea,						
st. *col., alpinus, perdurans*	2,1	3,1	2,1			2,1
st. *col., alpinus, fam. lam.*	1,2		2,2	4,2	2,2	1,2
st. *col., fam. lam.*					3,2	
st. *pallidus*					1,2	1,2
verpilzt				1,3		
Gloeocapsa Kützingiana,						
st. *pleurocapsoides*	3,1	1,1				
st. *rupestris*	1,2	1,2	1,2			
st. *fam. lam.*				1 2	1,2	
verpilzt	1,3		1,3			
Gloeocapsa nigrescens					1,2	
Calothrix parietina			1,2	1,2	1,2	
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*	1,2		1,2	1,3	1,3	1,2
Nostoc microscopicum		1,2	1,2	1.2		
verpilzt		1,3	1,3	1,3		
Chroococcus turgidus	1,1			1,2		
Plectonema sp.				1,2		
Trentepohlia aurea						2,3
Stigonema minutum					1,3	

Der Rötidolomit liegt dort unmittelbar auf dem Gneis. Er steht in einer senkrechten Wand an, in die an wenigen Stellen Sturzbäche tiefe Rinnen eingefressen haben. Die Felswand ist nach N exponiert. Die Reaktion des Riesel- und Sickerwassers liegt im Bereich von pH 7,08—7,35.

Unter den in einem Gebiet von etwa 100 m Länge am Fuße der Wand untersuchten Materialien haben wir die Artenlisten von 6 Stellen in Tabelle 40 zusammengestellt. Nrn. 421 und 130 wurden leicht vorstehenden Felsköpfen entnommen. Nrn. 126 und 127 stammen von etwas tiefer liegenden, also weniger stark belichteten und etwas feuchteren Wuchsstellen; Nrn. 426 und 425 wurden am Rand der Gischtzone eines kleinen Wasserfalles gesammelt.

Die Vegetation bietet weder hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung noch der Ausbildung der spezifischen Entwicklungszustände

eine Überraschung. Das in Nr. 425 in wenigen Lagern auftretende *Stigonema minutum* kann durch einen höheren lokalen Kieselgehalt des Substrats gedeutet werden.

d) Auf dem Wildflysch im Taminatal

Im Gebiet der Einmündung des Zanuztobels in die Tamina, etwa eine halbe Wegstunde unterhalb Bad Pfäfers, bildet die stellenweise nackte Oberfläche des Wildflyschs die linke Talflanke. Rinnsale, Rieselund Sickerwasser benetzen ihn in mehr oder weniger ununterbrochen fließendem Film, während an anderen Stellen aus den Schuttmassen von Rutschungen Wasser aus einiger Höhe auf den Fels abtropft.

Überall, wo seine Oberfläche während längerer Perioden benetzt wird, ist der Wildflysch von einer hellen, gelbbraunen, rosa- oder dunkelbraunen, stark verkalkten, schleimigen Kruste bedeckt. Diese ist gebildet von einer Algenschicht, die in zusammenhängenden Beständen viele Quadratmeter große Flächen überzieht.

In dieser Vegetation (Mat. 188) beobachteten wir als eine der häufigsten Formen eine Rivulariacee, deren winzige oder 1—2 mm große, halbkugelige Pusteln dicht nebeneinander stehen und zwischen sich neben spärlicher *Gloeocapsa sanguinea* kaum eine andere Art aufkommen lassen. Wären die Lager weich, so könnten wir unsere Alge mit *Rivularia Biasolettiana* identifizieren. Sie sind aber meist steinhart. Wir sind in unsern Untersuchungen zu der Auffassung gelangt, daß dem Merkmal : « Lager hart » oder « Lager weich » kaum eine systematische Bedeutung zukommen kann. Die Härte des Lagers hängt vom Grad der Verkalkung, diese wiederum von dem Kalkgehalt des die Lager benetzenden Wassers ab, und so möchten wir die die Kalkkrusten auf dem Flysch bildende Blaualge vorläufig als *Rivularia Biasolettiana* bezeichnen.

Unter Tropfstellen entwickelt namentlich *Scytonema myochrous* ausgebreitetste Bestände. An der Oberfläche dieser letzteren sind die Fadenscheiden stets dunkelbraun gefärbt und deutlich geschichtet, in der Tiefe der Lager (der Besonnung entzogen) farblos und homogen.

Die Weite der Gallertscheiden unterliegt in ein und demselben Material großen Schwankungen. Von engen Scheiden mit beinahe parallelen, engen Schichten beobachtet man alle Übergänge zu jenen Formen, die in der Literatur als *Petalonema alatum* bezeichnet werden. An einem und demselben Faden lassen sich manchmal deutlich scytonemoide und petalonemoide Zonen erkennen. Diese entsprechen den Standortsbedingungen, unter denen sie heranwuchsen. Das Studium dieses *Scytonema*-Materials des Wildflyschs hat uns bekräftigt in unserer Auffassung,

wonach *Petalonema alatum* als eine Standortsmodifikation von *Scytonema myochrous* aufzufassen ist.

Im Geflecht der *Scytonema*-Lager ist *Gloeocapsa sanguinea* reichlich eingestreut. Diese Alge liegt vor in Lagern mit violetten, roten und farblosen, mittelweiten und sehr weiten Hüllen. Sie ist also in folgenden Zuständen vertreten :

1. st. *pallidus (Aphanocapsa),*
2. st. *col., Ralfsianus,*
3. st. *col., fam. lam.,*
4. st. *col., alpinus, Ralfsianus,*
5. st. *col., alpinus, fam. lam.*

Diese Zustände sind der Ausdruck der ökologischen Verhältnisse des Wuchsortes. An der Oberfläche der *Scytonema*-Lager finden wir die gefärbthülligen, in ihrer Tiefe die Formen mit farblosen Hüllen. Längere oder kürzere Dauer der Benetzung bedingen die Weite der Hülle.

Mit der gemessenen Reaktion des Sickerwassers von pH 7,41 steht das gleichzeitige Vorkommen von rot- bzw. violetthülliger *Gloeocapsa* in Widerspruch. Dazu läßt sich aber sagen, daß unsere pH-Messung in einigen Metern Entfernung vom *Scytonema*-Standort durchgeführt wurde und daß an der mikroskopisch kleinen Wuchsstelle unserer rothülligen *Gloeocapsa* die Reaktion durch irgendeinen Lokaleinfluß um ein geringes verändert sein konnte.

Nostoc microscopicum ist reichlich vertreten in kugeligen, bis 1 oder 2 mm großen Lagern mit fester Außenhülle und deutlichen und mehr oder weniger intensiv gefärbten Trichomscheiden. In andern Fällen ist die Färbung undeutlich; die Scheiden zerfließen, und die einzelnen Trichome kleben auf *Scytonema*-Fäden. Ob diese Stadien mit *Camptothrix repens* identisch sind, kann noch nicht entschieden werden. Doch der Umstand, daß in unserem Material *Nostoc microscopicum* in gut ausgebildeten Lagern vertreten ist, legt den Verdacht sehr nahe, daß die *Camptothrix*-ähnlichen Fäden ein Entwicklungsstadium von *Nostoc microscopicum* darstellen. Befunde an andern Materialen (z. B. von Erstfeld) deuten ebenfalls in derselben Richtung (Abb. 39).

An weiteren, spärlicher vertretenen Arten sind *Stigonema minutum, Gloeocapsa Kützingiana, Cosmarium subquadratum, Trentepohlia aurea* und *Chantransia* cf. *pygmaea* zu nennen.

10. Im Tessin

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir versucht, auf Grund ausgedehnter Untersuchungen, die im Gebiete der südlichen Stammkette der Alpen vom Piz Bernina bis nahe zum Mont-Blanc reichen, von der

Algenvegetation und den Gesetzen ihrer Entwicklung im Silikatgebiet des Hochgebirges ein Bild zu entwerfen. Das Untersuchungsgebiet von Mels zeigt uns die Algenvegetation des Silikatgesteins in der dem Alpenwall nach N hin vorgelagerten Niederung. Nun liegt es nahe, einen Blick zu tun nach der Südschweiz, insbesondere den südlich gelegenen Teilen des Kantons Tessin, wo das saure Granit- und Gneissubstrat in mehr südlicher Lage, geringerer Höhe über Meer und einem Klima vorliegt, das in mehreren Punkten von demjenigen unserer Untersuchungsgebiete im Hochgebirge verschieden ist.

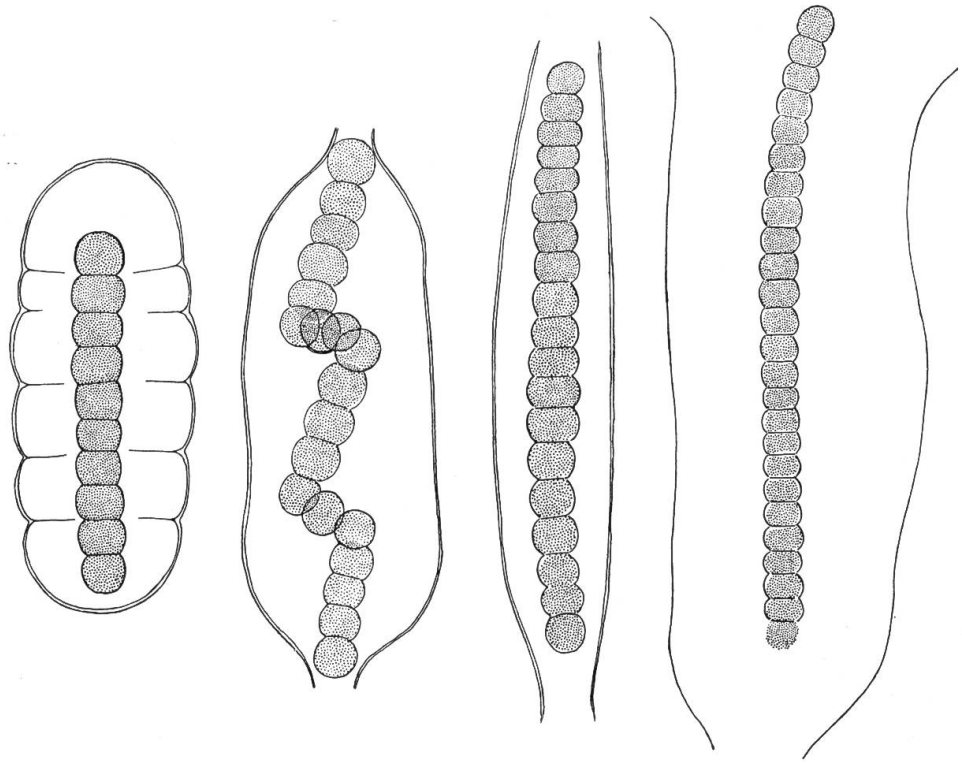

Abb. 39
Nostoc microscopicum. Lager z. T. in Einzelfäden mit auffallend weiten, weichen und zerfließenden Gallerthüllen. Manche Entwicklungszustände erinnern stark an *Camptothrix repens;* Vergr. 500

Wir wählten dabei als Hauptgebiete für unsere Untersuchungen:

1. das zwischen dem Langensee und dem Centovalli eingeschlossene Grenzgebiet von Locarno bis Brissago, das, nach SSE geöffnet, zu den landschaftlich eindrucksvollsten Gegenden der Südschweiz zählt,
2. die Gneisfelsen, auf denen, hoch über Locarno, die berühmte Wallfahrtskirche Madonna del Sasso thront,
3. Granitwände, Felshöcker und -splitter auf der linken Talseite zwischen Bellinzona und Arbedo,

4. Felswände im Maggiatal, hauptsächlich auf der rechten Talseite bei Cevio,
5. Felswände im Verzascatal längs der Straße Vogorno—Gordola,
6. Felswände bei Biasca,
7. anstehenden Fels im Gebiete des Ritomsees.

a) Ascona—Ronco

Am Monte Verità und längs des Römerweges, der von Ascona nach Ronco führt, stehen (ca. 250—300 m ü. M.) auf der Bergseite mächtige Felsen aus Granit und Amphibolit an in einem ausgedehnten Massiv mit kahlen Horizontal- und schroffen Steilwänden oder in langgezogenen, breiten, gerundeten Rücken, die sich nur wenige Meter über den mit Gesträuch bewachsenen Boden erheben (Tafel 14 a). Zumeist ist dieser Fels massig, nur selten von Rissen durchzogen, seine Oberfläche rauh angewittert, während andernorts das Gestein in senkrecht stehenden Schichten feinlamellierten Muskovits zutage tritt. Zwischen diesen letzteren versickert das Wasser der Niederschläge, was Spaltenfrost, Auslaugung usw. und dadurch eine verhältnismäßig rasche Verwitterung zur Folge hat.

In seinen höchsten Lagen ist der nach S exponierte Fels intensivster Besonnung ausgesetzt (Belichtung : Stufe V—VI), während an anderen Stellen der Kastanienwald, Birken, Eichen und dichte Bestände von mannshohem Besenginster den Stein der direkten Besonnung entziehen. Wo sich das Gestein zu größeren Massiven auftürmt, tritt während längerer oder kürzerer Zeit Sickerwasser aus Spaltfugen oder kleinen Erdansammlungen. Kleinere Hügel, Höcker und Rücken dagegen werden auf ihrer Oberfläche nur von rasch abfließendem Wasser der Niederschläge benetzt. Die Reaktion des Sickerwassers, die wir an vier Stellen prüften, ergab Werte von pH 5,86—6,23.

Die in den früheren Kapiteln besprochenen Untersuchungen über die Felsvegetation lehrten uns, daß auf dem nackten Fels, der nur vom rasch abfließenden Wasser der Niederschläge benetzt wird, keine Algenvegetation zu erwarten ist. Für sie sind derartige Standorte im allgemeinen zu trocken; dagegen bieten sie den Flechten günstige Entwicklungsbedingungen.

In unserm Untersuchungsgebiet um Ascona sind wir zunächst überrascht, zu sehen, daß jede Felsfläche, gleichviel, ob steil abfallend, mehr oder weniger geneigt oder gar horizontal ausgebreitet und darum nie durch Sickerwasser aus höheren Lagen benetzt, von einer Algenkruste über und über bedeckt ist. Dieser sehr dichten Vegetation verdankt das dunkel, braunrot aussehende Gestein seine Farbe (Tafel 14 a). Im trok-

kenen Zustande ist vielfach eine Vegetation auf der Felsoberfläche kaum zu erkennen. Erst nach Benetzung quellen die dicht zusammenschließenden Algenlager auf und lassen sich mit dem Messer leicht abheben. An andern Stellen aber erhebt sich die Algendecke auch im trockenen Zustand in kleinen Kissen und Polstern über die Gesteinsoberfläche.

In Tabelle 35 haben wir die Vegetation von Felsstellen zusammen- und nebeneinandergestellt.

Tabelle 35

Algenarten \ Materialien	661	330	331	331 A	332	332 A
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.*	2,2	1,2	1,2	2,2	2,2	
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., magma*	3,2	5,2	3,2	4,2		5,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *pallidus* . .					3,2	
Stigonema minutum	4,3	2,2	3,3	1,2		2,2
Stigonema mesentericum					1,3	
Stigonema lichenisiert	1,3	1,3	2,3	2,3		2,3
Dichothrix gypsophila			1,2		2,2	
Nostoc microscopicum	1,2					
Entophysalis Samoensis					2,2	
Synechococcus aeruginosus	1,1	1,1		1,1		
Mesotaenium micrococcum	1,1	1,1	1,1			

Die Standorte der in vorstehender Tabelle zusammengestellten Materialien reihen sich ausnahmslos unter Benetzungstypus 5 ein. Dies erklärt die geringe Zahl der vertretenen Arten, unter denen, wie zu erwarten war, die Blaualgen wiederum stark vorherrschen. Die saure Reaktion des Substrates erklärt den hohen Anteil von *Stigonema minutum* in dieser Vegetation, die langen Trockenperioden das Vorwiegen der enghülligen Zustände, in denen *Gloeocapsa sanguinea* vorliegt. Die intensive Belichtung (Stufen V—VI) kommt zum Ausdruck in der intensiven Hüllenfärbung, durch die die Materialien, ausgenommen Nr. 332, gekennzeichnet sind, und im starken Zurücktreten der Grünalgen. Material 332 stammt von einem durch das Laubwerk von Kastanienbäumen stark beschatteten Standort, dessen Benetzungsgrad mehr nach Typus 4 hin verschoben ist. Dieser Unterschied in den ökologischen Verhältnissen gegenüber den Standorten der übrigen Materialien tritt in Erscheinung in der geringen Färbungsintensität und der Farblosigkeit der Hüllen von *Gloeocapsa sanguinea.* In diesem Material ist *Stigonema minutum* vertreten durch *Stigonema mesentericum.* Dabei bleibt freilich die Frage

offen, ob dieses nicht eine Standortsmodifikation der andern so große Bedeutung erlangenden Art, *Stigonema minutum,* darstellt. Der höhere Benetzungsgrad könnte die Ursache der eigentümlich gekröseartig ausgebildeten Lager sein.

Zweifellos stellen die ökologischen Verhältnisse der untersuchten Standorte nahezu die Grenze dessen dar, was Algen an Trockenheit noch zu ertragen vermögen. Bereits werden die Lager des *Stigonema minutum* stark von Pilzen befallen, und Flechtenbildungen, die zu *Ephebe lanata* gestellt werden müssen, sind keine Seltenheit. Auf den Rücken der größeren und kleineren Felsmassive, also an den trockensten Standorten, herrschen diese Lichenisationsstadien gegenüber dem freilebenden *Stigonema* weit vor, und zwischen ihnen sind da und dort gut ausgebildete Lager von *Collema* (Verpilzung von *Nostoc microscopicum*) und verschiedener Krustenflechten zu beobachten.

b) Bei Bellinzona

Hinter dem Bahnhof Bellinzona (230 m ü. M.) steht in einem alten Steinbruch, nach NE exponiert, eine zirka 15 m hohe Wand aus mächtigen, fast senkrecht ansteigenden Gneisschichten steil an. Kastanienwald, in dünner Bodenschicht wurzelnd, überragt sie, und an verschiedenen Stellen benetzt Rieselwasser, welches nach Regengüssen aus dem Waldboden abfließt, oder Sickerwasser, aus Spaltfugen austretend, die Gesteinsoberfläche. Der Fels ist auf seiner ganzen Breite und Höhe durch die ihm anliegende Vegetation gefärbt, und zwar um so intensiver und dunkler, je älter sie ist, d. h. seit je längerer Zeit die Oberfläche Wind und Wetter ausgesetzt ist und damit der Besiedlung offensteht.

Von bloßem Auge lassen sich, entsprechend der verschiedenen Färbung der Felswand fünf Stufen der Vegetation erkennen :

1. Älteste Felsoberfläche, von Niederschlägen und Rieselwasser aus dem an der oberen Kante anstehenden Kastanienwald benetzt; Standortstypus 5. Die Reaktion konnte (weil die Wand zur Zeit der Untersuchung trocken war) nicht ermittelt werden. Die Vegetation tritt in einer sehr dunkeln Färbung der Gesteinsoberfläche in Erscheinung.

   Mehrere Stellen dieses Standortes ergaben in übereinstimmender Weise die folgende Artenliste (Mat. 333) :

   Stigonema minutum,
   Gloeocapsa sanguinea.

   Diese beiden Arten sind ungefähr gleichmäßig vertreten. Die erstere mit reichverzweigten, umfangreichen Lagern, die letztere mit kleineren Kolonien, die aber in um so größerer Zahl vorliegen.

Gloeocapsa sanguinea ist in 3 Entwicklungszuständen vertreten: in Kolonien mit rotgefärbten, eng anliegenden, derben Hüllen (st. *magma*), sodann mit verhältnismäßig weiten, schwach gefärbten Hüllen (st. *pallidus*) und schließlich im Zustande der Nannocytenbildung mit vielen, regellos angeordneten Zellen von geringer Größe und von farbloser Gallerte umhüllt.

Den beiden genannten Arten, die wohl 98 % des Gesamtbestandes ausmachen, sind vielfach mehr oder weniger reichlich beigemischt: *Mesotaenium macrococcum, Pleurococcus viridis, Coccomyxa sp.* und eine große Zahl einzelliger Grünalgen, deren systematische Zugehörigkeit nur durch die Reinkultur zu ermitteln ist.

Auch hier steht die Vegetation durchaus im Einklang mit den ökologischen Verhältnissen des Standortes. Die lange Dauer der Trockenperioden erlaubte nur echten Aerophyten das Fortkommen. Unter ihnen sind *Stigonema minutum* und *Gloeocapsa sanguinea* auf dem sauren Gestein die charakteristischen Formen. Daß neben ihnen grüne Algen gedeihen können, ist der N-Exposition, also dem Schutz gegen direkte Besonnung zuzuschreiben.

2. Jüngere Felsoberfläche, in ihren ökologischen Verhältnissen dem soeben besprochenen Standort ähnlich; die Benetzung ist aber etwas ausgiebiger sowohl hinsichtlich der Menge des Sickerwassers als auch der Dauer der Benetzung.

   Die Vegetation dieses Standortes (Mat. 334) erscheint in etwas hellerer, mehr brauner Farbe. In ihr spielt *Gloeocapsa sanguinea* die Hauptrolle; diese Art liegt aber nicht im st. *magma* vor, sondern in Lagern mit mittelweiten, schwach gefärbten und farblosen Hüllen (st. *col., fam. lam.* und st. *pallidus*). Wäre man sich des Zusammenhanges der Farblosigkeit der Hüllen mit der geringen Intensität der Belichtung nicht bewußt, so müßte man die Lager mit hyaliner Gallerte zu *Gloeocapsa atrata* stellen. *Stigonema minutum* fehlt beinahe völlig. An seine Stelle tritt *Dichothrix Orsiniana,* eine Blaualge, die zwischen ihren Fäden reichlich Kalk speichert, wodurch die Vegetation ihre mehr braune Farbe erhält. *Microcoleus vaginatus,* der in recht ausgebreiteten Lagern vertreten ist, läßt sich wie *Dichothrix* auf den höheren Grad der Benetzung zurückführen.

3. Jüngere, durch Abschalung der Oberfläche freigelegte Wand, während langer Perioden von Bergfeuchtigkeit benetzt. Die Menge des verfügbaren Wassers ist sehr gering, die Dauer dieser schwachen Benetzung aber lange; pH 6,02; Mat. 335.

Dieser Standort, der wohl einen Quadratmeter umfaßt, ist mit einem dichten, zusammenhängenden, dunkelbraunen Pelz von *Scytonema myochrous* überzogen. Trocknet der Standort aus, so löst sich die Vegetation in quadratdezimetergroßen Lappen und Fetzen von der Felswand ab, und bei wiedereintretender Benetzung erfolgt die Neubesiedelung.

4. Austrittstelle von rasch abfließendem Wasser aus einer Spaltfuge des Gesteins.

   Dieser Standort ist leuchtend grün gefärbt durch flutende Watten von *Ulothrix zonata,* und in der Wasserrinne hat sich eine individuenreiche Gesellschaft von Kieselalgen festgesetzt.

Längs der Straße Bellinzona—Arbedo, namentlich in der Umgebung der Rebberge am SW-exponierten Talhang, erheben sich mehrere 4 bis 10 m hohe Felszähne über die Landschaft. Ihre Kuppen empfangen das Wasser der Niederschläge, die steil abfallenden Stirnflächen an wenigen Stellen überdies Sickerwasser, das während kurzer Perioden aus Gesteinsfugen tritt.

Die gesamte Oberfläche solcher Felszähne ist durch ihre Vegetation dunkel rotbraun gefärbt. Diese setzt sich wiederum zusammen aus wenigen Arten (Mat. 336). Immer sind es *Stigonema minutum* und *Gloeocapsa sanguinea,* die in ungefähr gleich starker Vertretung über 90 % dieser Bestände bestreiten. Daneben finden wir mehr oder weniger reichlich beigemischt *Mesotaenium macrococcum* und *Synechococcus aeruginosus,* an Sickerwasserstellen überdies *Hydrocoleus vaginatus.* Wo diese Alge vertreten ist, liegt *Gloeocapsa sanguinea* im Zustande mittelweiter Hüllen vor, während an den trockeneren Wuchsorten der enghüllige st. *magma* vorliegt.

Auf den Horizontalflächen, die besonders trocken und der intensivsten Besonnung ausgesetzt sind, finden wir *Stigonema minutum* verpilzt und in allen Übergängen zu fertigen Ephebe-Flechten, und zwischen ihren Lagern sind die Thalli verschiedener Krustenflechten sichtbar.

Wir finden an diesen Standorten also genau dieselben Verhältnisse, die wir für die Gegenden von Ascona-Locarno und Bellinzona beschrieben haben.

c) Auf den Grundfelsen der Kirche Madonna del Sasso, ob Locarno

Über der Stadt Locarno thront auf einem mächtigen Felssporn zwischen zwei tiefeingeschnittenen Runsen die Wallfahrtskirche Madonna del Sasso. Unter ihr fallen die Gneiswände, die auf ihrem Scheitel und in seichteren Einschnitten Kastanien, Feigen und andere subtropische Bäume und Sträucher tragen, fast senkrecht ab.

Flechten tragende trockenste Standorte, nach S exponiert, wechseln ab mit Rieselwasserrinnen und Stellen, wo aus Schichtfugen des Gesteins Sickerwasser während längerer Dauer austritt. Von einem solchen Standort etwa 30 m unterhalb der Kirche stammen die Materialien Nrn. 302, 303, 304, 316 und 319. Die betreffende Wand ist nach E exponiert, unter überhängendem bewaldetem Fels zurücktretend, und das Sickerwasser, das aus üppigen Moosrasen tropfenweise austritt, zeigt eine Reaktion von pH 5,95.

In allen diesen Materialien dominiert *Gloeocapsa sanguinea.* Sie liegt hauptsächlich im st. *col., fam. lam.* und in Zuständen mit schwachgefärbten oder gar farblosen Hüllen vor. Der st. *nannocytosus* ist ebenfalls reichlich vertreten und zeigt sich in Lagern sehr zahlreich und fast unregelmäßig gelagerter Zellen von nur 3—6 μ. Ohne die Kenntnis der Gesellschaft, der diese Lager angehören, und der ökologischen Verhältnisse des Standortes müßte man diese Lager in der Gattung *Aphanocapsa* einreihen. Sie zeigen aber als Standortsformen von *Gloeocapsa sanguinea* durchaus den Aspekt, der nach den Verhältnissen der Feuchtigkeit und Belichtung zu erwarten ist. An besonders trockenen Stellen mischen sich unter die im vegetativen Zustand befindlichen Lager Dauerstadien mit dichtwandigen Zellen, die in einer verhältnismäßig wenig gefärbten Gallerte eingeschlossen sind.

Neben *Gloeocapsa* finden wir reichlich *Nostoc microscopicum.* Diese Blaualge bedeckt oft in dicker Schicht das Gestein. Ihre oberflächlich liegenden Kolonien stehen dann unter anderen ökologischen Verhältnissen, namentlich hinsichtlich der Belichtung und Austrocknung, als die tiefer und zutiefst dem Gestein anliegenden Lager. Dementsprechend sind sie auch verschieden ausgebildet. So ist die Gallerte der oberflächlich liegenden Kolonien wenigstens in ihren äußersten Schichten braun gefärbt und deutlich geschichtet; in anderen, etwas tiefer gelegenen Lagern ist sie auf der nach außen gekehrten Seite gefärbt, während der nach innen gekehrte Teil der Gallerte hyalin und homogen ist und die im Innern der Algenschicht gelagerten und der Belichtung entzogenen Lager völlig farblos erscheinen.

An weiteren Algen finden wir in den vorliegenden Materialien: *Synechococcus aeruginosus, Tolypothrix* cf. *byssoidea, Stigonema minutum, Cylindrocystis Brebissonii* und schleimige Überzüge von *Hormotila mucigena.*

d) Im Maggiatal

Zwischen den Dörfern Cavergno und Cevio hat die Maggia ein enges Quertal in den von W nach E sich hinziehenden Bergrücken eingefressen. Steil steigen die Bergwände zu beiden Seiten des flachen,

schmalen Talgrundes an. Der Gneis, der überall ansteht, wird in mächtigen Steinbrüchen in großer Höhe über dem Talboden ausgebeutet, und am Fuße des Berghanges oberhalb des Dorfel Cevio liegen hausgroße Gneisblöcke, zwischen denen die Dorfbewohner die Grottos, d. h. ihre Weinkeller, angelegt haben. Cevio liegt 427 m ü. M.; Niederschlagsmenge 176 cm.

Am 17. Oktober 1940 sammelten wir in Höhen von 440—550 m ü. M. die im folgenden beschriebenen Materialien Nrn. 321, 321 A und 322. Sie enthalten den Algenbelag auf einer 3 m hohen, senkrecht stehenden Wand horizontal geschichteten Gneises, reichlich und während verschieden langer Dauer durch Sickerwasser befeuchtet. Benetzungsstufe 3—4, E-exponiert, pH 5,88, 550 m ü. M., Belichtung : Stufe III.

Wir notierten in diesen Materialien folgenden Bestand : *Gloeocapsa sanguinea* reichlich und gleichmäßig den Fels bedeckend; Hüllen immer rot, aber je nach der Länge der Trockenperioden des Wuchsortes das eine Mal weit (st. *Ralfsianus*), das andere Mal mittelweit (st. *col. fam. lam.*) und schließlich im Bereich der größten Trockenheit eng anliegend (st. *magma*). Die Intensität der Hüllenfärbung wechselt ebenfalls, je nach der am Standort einfallenden Lichtmenge. In Ritzen des Gesteins sind die Lager mit fast völlig farblosen Hüllen oft zu schleimigen Klumpen zusammengeballt.

Neben den genannten Algen sind reichlich vertreten : *Scytonema myochrous, Calothrix parietina, Dichothrix Orsiniana, Microcoleus vaginatus* var. *Vaucherii* und *Synechococcus aeruginosus.*

Mat. 301 stammt von der Steilwand eines fast hausgroßen Gneisblocks. Die Oberfläche ist rauh mit zahlreichen Vertiefungen, Löchern und Rissen, in denen sich auf angewehtem Detritus zahlreiche kleine Moosrasen festgesetzt haben; Standort nach E exponiert, nur von Niederschlägen benetzt; Feuchtigkeitsstufe 5; 480 m ü. M.

e) Im Verzascatal

Im unteren Teil des Verzascatales, auf der linken Talseite längs der Straße Vogorno—Gordola rieseln während und nach Regengüssen kleine Bächlein aus lichtem Gehölz über hochragende Felswände. Zwischen den Regenzeiten versiegen diese Wasserläufe, und das Gestein ist nur von einem feinen Film von Sickerwasser benetzt, oder liegt völlig trocken.

Auf diesen Granitfelsen breitet sich ein samtener Algenteppich von olivgrün-brauner Farbe aus, stellenweise in Fetzen sich ablösend (Mat. 379). Er besteht aus dicht verflochtenem *Stigonema*-Rasen. Die Bestimmung der vorliegenden Art bereitet nicht unbeträchtliche Schwie-

rigkeiten. Die große Mehrzahl ihrer Lager zeigt einreihige Zellfäden; immer aber finden sich unter ihnen solche mit « mehrreihigen » Fäden, und doch deutet nichts darauf hin, daß zwei Arten vermischt vorlägen. Der Tatsache, ob ein- oder vielreihige Fäden vorhanden sind, wird in der herkömmlichen Blaualgen-Systematik eine hohe Bedeutung beigemessen, und so müssen wir uns entscheiden, welcher der beiden Artengruppen, die auf dieses Merkmal begründet sind, wir unser Material zuweisen wollen. Diese Entscheidung wird noch dadurch erschwert, daß Lager vorliegen, die als *Stigonema mirabile* bezeichnet werden müssen. Die Untersuchung umfangreichen Materials dieses Standortes führte uns zu der Auffassung, daß *Stigonema minutum* vorliege. Entsprechend den auf kleinem Raum rasch wechselnden ökologischen Verhältnissen reagiert die Pflanze durch Ausbildung verschiedener Entwicklungszustände, die in der Algensystematik zu Unrecht als distinkte Arten behandelt werden. Neben der Breite und der Ein- bzw. Vielreihigkeit der Fäden zeigen sich diese weiterhin verschieden durch die im einen Fall intensiv gefärbten und stark geschichteten, im andern Fall völlig farblosen, homogenen Scheiden. Wie bei *Gloeocapsa* und in anderen Gattungen sind diese Merkmale so weitgehend von den Umweltbedingungen, wie Benetzungsdauer, Besonnung, Reaktion des Substrates usw. abhängig, daß sie nur mit größter Vorsicht in der Systematik verwertet werden können.

Neben *Stigonema* fanden wir (Mat. 320) reichlich *Synechococcus aeruginosus, Gloeocapsa sanguinea, Chroococcus turgidus, Nostoc microscopicum* und einige Kieselalgen. In etwa 2 m Entfernung vom Rande des Rieselwasserstreifens, auf einem nur regenbenetzten Vorsprung ist der Fels von dichten Rasen der *Ephebe lanata*-Flechte bedeckt (Mat. 314). Zwischen ihren Lagern aber wuchern die Fäden des freien oder teilweise verpilzten *Stigonema minutum* und der *Gloeocapsa sanguinea* im Zustande enger, dunkelrot pigmentierter Hüllen.

Die reich entwickelte Algendecke besteht fast ausschließlich aus *Stigonema minutum* und *Gloeocapsa sanguinea*. Diese liegen zum Teil in gut ausgebildeten, freien Lagern vor, andere aber zeigen diese teilweise oder vollständig verpilzt, und an Stellen höherer Trockenheit treten die Algenlager gegenüber den Rasen gut ausgebildeter *Ephebe*- bzw. *Collema*-Flechten völlig zurück. *Gloeocapsa sanguinea* liegt im Zustande enghülliger, intensiv gefärbter Lager und dickwandiger Dauersporen vor. Da und dort sind einzellige, kugelige Grünalgen spärlich eingestreut, deren Zugehörigkeit nicht ermittelt werden konnte.

Mat. 400 : Kleine Wasseransammlung von zirka 50 cm Durchmesser und 3 cm mittlerer Tiefe auf der horizontalen Kulmfläche eines kleinen Gneismassivs zirka 20 m über dem Talboden. pH 5,89—6,16.

f) Unweit des Ausflusses des Ritomsees (1850 m ü. M.)

Moosbedeckter Fels mit reicher Algenvegetation (Mat. 402).

Gloeocapsa sanguinea, st. *col. alp.* mit weiten Schichten und matter Färbung
Synechococcus aeruginosus
Desmonema Wrangelii in kümmerlichen Beständen
Stigonema minutum
Nostoc microscopicum
Tabellaria flocculosa und viele andere Kieselalgen.

Eine übersichtliche Betrachtung der in dem vorliegenden Kapitel beschriebenen Algenvegetation lehrt uns, daß die Südschweiz hinsichtlich der charakteristischen Gesteinsalgen keine eigene Florula besitzt. Weder die mehr südliche Lage und der damit verbundene Klimacharakter noch die geringe Höhe über Meer haben im Vergleich zum Hochgebirge eine wesentliche Veränderung der Felsalgenvegetation zur Folge.

Namentlich tritt innerhalb der hauptsächlich berücksichtigten Algengruppen, der Cyanophyceen und Chlorophyceen keine Vermehrung der Artenzahl in Erscheinung. Dagegen fehlen eine Reihe von Formen. Ganz allgemein ist die Algenflorula untersuchter Felswände im Gebiet des Kantons Tessin außerordentlich eintönig und artenarm zu nennen. Dies dürfte aber hauptsächlich in der verhältnismäßig geringen Zahl der untersuchten Sammelstellen und namentlich in der geringen Zahl verschiedener Standortstypen liegen. Die Benetzungsstufen 1—3, denen wir im Hochgebirge, namentlich im Morteratsch-Gebiet, am Rhonegletscher, um Zermatt und am Barberinesee besondere Aufmerksamkeit widmeten, kamen in der Bearbeitung im Tessin zu kurz. Solche Standorte sind eben in den niederen Lagen des südlicheren Tessins weniger leicht aufzufinden als im Gebirge.

Die wesentlichen Felsalgen der Südschweiz sind weitgehend dieselben wie in den höchsten Lagen unserer Untersuchungsgebiete. Daß auf dem überaus sauren Substrat, welches die Granit- und Gneiswände der Tessiner Berge, Schluchten und Täler der Algenflora bieten, die mehr acidophilen Vertreter stark vorherrschen werden, wie das überall so reichlich vertretene *Stigonema minutum,* und daß seine treue Begleiterin, *Gloeocapsa sanguinea,* fast ausschließlich in rothülligen Zuständen vorhanden sein würde, war zu erwarten. Das ist ebenfalls die unmittelbare Folge der sauren Reaktion des Gesteins. Die verschiedenartige Ausbildung der Lagergallerte hinsichtlich Farbe, Färbungsintensität, Schichtung und Dicke der Hüllen folgt denselben Gesetzen wie im

Hochgebirge, nicht nur bei *Gloeocapsa,* sondern auch bei fädigen Formen wie *Scytonema, Stigonema* usw.

Gewiß hätten wir viel eher eine charakteristische Tessiner Flora feststellen können, wenn wir den Kieselalgen und Konjugatenalgen mehr Beachtung geschenkt hätten. Unter diesen ist ja, wie wir bei den Formen des Hochgebirges feststellen konnten und wie dies auch Messikommer (1942) herausgearbeitet hat, der Anspruch an eine bestimmte Höhenlage viel ausgesprochener als bei den Blaualgen.

Am ehesten kann die Tatsache überraschen, daß Felsrücken und Steilwände reichen Algenwuchs tragen, selbst wenn sie nur von Niederschlägen benetzt werden. Im Hochgebirge genügt diese Quelle der Feuchtigkeit nicht. Hier sind solche Stellen Standorte von Flechten, aber nicht von Algen. Nebelbildung kann die überraschende Erscheinung nicht erklären, denn gerade in den von der Untersuchung erfaßten Gebieten sind Nebel eine Seltenheit. Dagegen liegen die von uns im Kanton Tessin berücksichtigten Standorte ausnahmslos in niederschlagsreichen Gegenden. Schon die Talstationen Locarno, Brissago, Sonogno und Cevio zeigen Niederschlagsmengen, die zwischen 176 und 207 cm liegen. Entsprechend größer sind sie an den höher gelegenen Untersuchungsstellen der betreffenden Gebiete. Auch ist die Zahl der Regentage größer als z. B. im Gebiete von Morteratsch; die Trockenperioden sind deshalb kürzer, diejenigen der Benetzung über das Jahr regelmäßiger verteilt, was natürlicherweise einer Algenvegetation günstig sein muß. Sodann dürfte im Tessin die erheblich höhere mittlere Luftfeuchtigkeit eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen. Alle diese Faktoren, die in ihrer Gesamtheit das subtropische Klima charakterisieren, kommen weitgehend auch der Entwicklung der Algenvegetation auf dem nackten Gestein zugute. Sie erklären die Tatsache, daß auf dem ausschließlich durch Niederschläge benetzten Fels Algen sich üppig zu entfalten vermögen.

B. Auf Kalk- und Dolomitgestein

11. Im Gebiet des Säntis

Das Säntismassiv eignet sich für unsere Untersuchungen in besonderem Maße, weil es, weit nach N vorgeschoben, in einer Höhenlage von 878 m (Wasserauen) bis 2511 m ü. M. (Säntisgipfel) charakteristische Algenstandorte aller Benetzungsstufen in typischer Ausbildung und großer Zahl aufzuweisen hat. Dieses Gebirge bietet Gelegenheit, unweit nebeneinander die Vegetation zu untersuchen :

1. auf gewaltigen, mehrere hundert Meter hohen und breiten, nach N, E, S oder W exponierten Felswänden,
2. in der Tiefe von Höhlen im Schrattenkalk,
3. in Wasserfällen und Sturzbächen,
4. auf Gesteinssplittern, die aus höhern Lagen abgestürzt im Talboden liegen blieben.

Geographisch und geologisch bildet das Säntismassiv eine geschlossene Einheit, wie sich in den Alpen eine zweite kaum finden läßt. Es besteht aus der zu zahlreichen Falten gestauchten Stirn der obern helvetischen Decke (Säntisdecke), die von S nach N über Flysch bis auf das Kalk- und Nagelfluhgebirge geschoben wurde. Mächtig hochragende Gewölbe, deren Schichtenbau von weither deutlich sichtbar ist, wechseln ab mit synklinalen Mulden, und zwischen ihnen liegen tektonische Höhenunterschiede von 600—1800 m. Die Falten, die von SW nach NE streichen, fallen nach N über. Das gesamte Gebirge liegt im Gebiet der unteren und mittleren Kreide und umfaßt in ungestörter Schichtenfolge die Ablagerungen von Valangin bis zu den Schiefern des Senon.

Unser Untersuchungsgebiet folgt dem Pfad vom Säntisgipfel über « Blauer Schnee », die enge Pforte zwischen « Schwarze Knorren », Fehlalp, Meßmeralp, Seealp, talabwärts bis nach Wasserauen. Besondere Aufmerksamkeit widmeten wir den gewaltigen Wänden im Schrattenkalk, die sich von der Höhe der durch ihre prähistorischen Siedelungen berühmten Höhlen des « Escher » und des « Wildkirchli » (1457 m ü. M.) bis zum Wiesenplateau der Ebenalp senkrecht aufrichten. Auf der rechten Talseite der Seealp wurden zwei kleinere Wasserfälle und in dem Wiesenboden links des Schwendebaches die Gesteinssplitter, die aus dem Gebiet des Gault (Albien, Cenon) aus höheren Lagen ins Tal hinunter gelangten in die Untersuchung einbezogen. Sodann wurden Gesteinsquader berücksichtigt, über die sich, von der Meßmeralp herkommend, das Wasser des Talbachs ergießt.

a) Gesteinstrümmer im Tal des Schwendebaches

Oberhalb der Station Wasserauen bis hinauf zum Kobel (1111 m ü. M.) ist das Tal des Schwendebaches dicht besetzt mit zum Teil mächtigen Klötzen eines dunkel gefärbten, vielfach rostig rot aussehenden Gesteins. Diese Splitter stammen aus der den Schrattenkalk überlagernden Schicht des Gault, der die Wiesenflächen der Ebenalp trägt. Im Gebiet des Säntis ist es vornehmlich dieses, dem Albien (mittlere Kreide) angehörende Gestein, das seines Lehmgehaltes wegen am leichtesten verwitttert und auf dem sich, wo es auf breiter oder schmaler Fläche ansteht, jene Wiesenböden der Meglisalp usw. ausbilden. Der als Sand-

stein abgelagerte Gaultfels ist kalkarm, und auf seiner Oberfläche hat der Regen einen Teil des leichter löslichen Bindemittels zwischen den verkitteten Körnern ausgewaschen.

Diese Gesteinssplitter bringen einen dunkleren Farbton in die Landschaft, durch den sie sich deutlich abheben von den hellen Flächen der Steilwände und der im Tal liegenden Klötze des Schrattenkalks. Die dunkle Farbe der Oberflächen verdanken sie ihrer Algenvegetation, welche in ungefähr gleichmäßiger Dicke alle freistehenden Flächen bedeckt (Mat. 381).

Dabei ist *Gloeocapsa sanguinea*, st. *col.*, *alpinus* das dominierende Element. Diese Alge liegt in ungezählten Kolonien auf und zwischen den Körnern der rauhen Oberfläche, und zwar in allen Entwicklungszuständen, von den dickwandigen Dauerzellen von tief dunkelvioletter Farbe bis zu den lockeren, weithülligen und schwach gefärbten Lagern lichtarmer, tiefer liegender Stellen. Neben der violetten ist auch die rothüllige Standortsform, der st. *col.*, *fam. lam.* reichlich ausgebildet. Darin kommt die Kalkarmut zum Ausdruck, welche die ausgelaugte Oberfläche dieser Gaultsplitter kennzeichnet. Wir finden auf ihnen also die ganze Reihe der Standortsformen, deren *Gloeocapsa sanguinea* unter dem Einfluß der ökologischen Verhältnisse des Wuchsortes fähig ist.

Gloeocapsa sanguinea spärlich oder reichlicher beigemischt finden sich meist : *Gloeocapsa dermochroa, Gloeocapsa Kützingiana, Tolypothrix byssoidea, Calothrix parietina* und leuchtend goldgelbe Nester von *Trentepohlia aurea.* Neben gesunden, freien Fäden der drei letztgenannten Algen sind häufig Lager zu beobachten, die von Pilzhyphen umsponnen und von diesen ganz oder stellenweise abgetötet sind. In andern Lagern wiederum läßt sich das gedeihliche Zusammenleben der beiden Partner beobachten, in Stadien, die zu wohlgebildeten Krustenflechten auswachsen. Auf diesen Gault-Felssplittern erkennen wir also dieselbe Erscheinung, wie wir sie in den Hochalpen bereits an mehreren Stellen zu vermerken Gelegenheit hatten : in der durch den Benetzungsgrad gegebenen Grenzzone zwischen dem Algen- und dem Flechtenareal werden die Algenlager von Pilzen befallen. Je nach dem Feuchtigkeitsgrad des Wuchsortes erliegen sie diesem Befall oder erlangen ein physiologisches Gleichgewicht, das beiden Partnern die Weiterentwicklung im Sinne einer mutualistischen Symbiose ermöglicht.

Daß diese freiliegenden Felsklötze, die nur von meteorischem Wasser benetzt werden, eine so reiche Algenvegetation zur Entwicklung bringen können, ist auf die hohe Niederschlagsmenge des Gebietes (rund 200 cm), auf die rauhe Oberfläche und die hohe Wasserkapazität des porösen Gesteins zurückzuführen.

b) Felstrümmer des Schrattenkalks auf dem Talboden der Seealp

Die Trümmer des Schrattenkalks unterscheiden sich von denjenigen des Gaults auf den ersten Blick durch ihre hellere Farbe, die Feinkörnigkeit des Gesteins und, dementsprechend, seine glattere Oberfläche. Glatt sind aber nur Blöcke, die sich erst in jüngerer Zeit von der Felswand loslösten. Stücke, die seit vielen Jahrzehnten im Tale liegen, zeigen unebene, körnige, wie von der Verwitterung zernagte Flächen, die von dicht nebeneinander stehenden kleinen, grauen Pusteln bedeckt sind.

Diese Pusteln sind gebildet aus reinen Beständen von *Gloeocapsa Kützingiana,* zwischen deren dickwandigen, intensiv braungefärbten Dauerzellen (st. *pleurocapsoides*) reichlich Kalk niedergeschlagen ist. In diesem sind vielfach winzige Höhlungen sichtbar von derselben Form und Größe der Algenzellen, die sie einst ausfüllten. Man stellt sich beim Anblick dieser Algenbecherchen im Gestein die Frage, ob sie von der Algenzelle ausgefressen, d. h. in das Gestein eingebohrt worden seien, oder ob umgekehrt die Alge zunächst auf der Oberfläche des Kalkes lag und sich nachträglich um sie herum Kalk niedergeschlagen habe, so daß die Zelle passiv in die Tiefe der Kalkkruste versank. Die Tatsache, daß auch die Lager von *Gloeocapsa sanguinea* und viele Fäden anderer Blaualgen mit Kalkkristallen und amorphen Kalkkronkretionen dicht bedeckt sind, deutet darauf hin, daß nicht die Zelle das Substrat auflöste, sondern daß umgekehrt die Alge passiv « eingemauert » wurde. Die Pusteln, die reine Bestände unserer *Gloeocapsa Kützingiana* darstellen, erheben sich ja meist bis zu 2 mm über die Gesteinsoberfläche, so daß nicht von einer Zernagung des Substrates die Rede sein kann. Wie in anderen Untersuchungsgebieten ist es auch hier die Alge *Gloeocapsa Kützingiana,* deren Dauerzellen durch den CO_2-Entzug aus dem den Wuchsort benetzenden, Kalziumbikarbonat-haltigen Wasser das schwerer lösliche Kalziumkarbonat ausfällten und so nicht gesteinsauflösend, sondern gesteinsbildend wirken. Daß der niedergeschlagene Kalk an höher gelegenen Stellen desselben Gesteinssplitters aufgelöst und von abfließendem Wasser weggeführt wurde, versteht sich von selbst.

Neben *Gloeocapsa Kützingiana,* die wohl 95 % der Algenvegetation ausmacht, finden sich auf diesen Felstrümmern des Schrattenkalkes *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col., alpinus, fam. lam.* und st. *col., alpinus, perdurans,* sodann *Tolypothrix byssoidea, Scytonema myochrous* und *Calothrix parietina* (Mat. 376).

Gegenüber der Algenvegetation der Gault-Felstrümmer zeigt sich diejenige der Schrattenkalk-Felsblöcke hauptsächlich verschieden durch das Fehlen der rothülligen *Gloeocapsa sanguinea* und durch das Vorherrschen der *Gloeocapsa Kützingiana,* insbesondere der Dauerzustände dieser letzteren.

c) Der Bergbach unterhalb der Meßmeralp

Den schmalen und sehr steilen Pfad, der von der untern Meßmeralp zur Ebene der Seealp hinunterführt, begleitet ein Bergbach. Bald ist sein Bett eingeengt zwischen hochragenden Wänden des Schrattenkalks, bald weitet es sich aus, und sein Wasser sprudelt über und zwischen den Riffen und Zähnen des anstehenden Gesteins talwärts. An einem warmen Sommertage, dem 10. September 1935, um 13 Uhr zeigte sein Wasser eine Temperatur von +14,5° C. Sie dürfte nur selten und nur für kurze Zeit höher gehen. Der Bach fügt sich also ein in den Typus der sommerkalten Gebirgsbäche, von denen wir im Gebiet der Hochalpen (Morteratsch und Barberine) mehrere in unsere Untersuchung einbezogen.

Die Vegetation dieses Bergbaches (Mat. 377) tritt dem Beobachter entgegen in einem prächtigen Farbenspiel, in dem die einzelnen Felsblöcke sich zeigen, entsprechend den Algen bzw. Algengesellschaften, die sie besiedeln. Meist handelt es sich dabei um Massenentwicklungen, die sich mit der Jahreszeit und den Schwankungen der Wasserführung rasch verändern. Es sind vornehmlich Algen des verhältnismäßig kühlen, sauerstoffreichen Wassers.

Im Frühjahr und Sommer sind die Gesteinstrümmer und kleinen Riffe im Bett dieses Bergbaches braunrot, olivgrün oder blaugrün gefärbt durch eine Reihe von Blaualgen, die in umfangreichen, getrennten Beständen oder innig durcheinanderwachsend dem Substrat aufsitzen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um

Homoeothrix varians
Pleurocapsa aurantiaca
Chamaesiphon confervicolus
Chamaesiphon polonicus
Phormidium favosum
Schizothrix fasciculata
Kieselalgen

Bei *Homoeothrix varians* sind die in Haare ausgezogenen Spitzen der Trichome oft abgeworfen. Fäden und Trichome sind etwas weniger breit, als es die Diagnose verlangt. Das Material erfordert deshalb eine erneute Prüfung. *Pleurocapsa aurantiaca* zeigt eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in der Ausbildung des Thallus. Die Bilder, die Geitler (1930) davon gibt, sind auch in unserem Material reichlich vertreten und ließen sich noch um einige vermehren. *Chamaesiphon confervicola* besitzt weniger intensiv gefärbte Scheiden als *Pleurocapsa aurantiaca* und ist darum an der Vegetationsfärbung in weniger bedeutendem Maße beteiligt. Diese Blaualge lagert zwischen ihren langgestreckten und mit zahlreichen Endosporen gefüllten Sporangien reichlich Kalk ab.

Im Herbst, wenn die Wassertemperatur gesunken ist, wird diese Vegetation überlagert von der das Gestein dicht bedeckenden Chrysomonade *Hydrurus foetidus*. Ihre bis dezimeterlangen Gallertschnüre fluten im Wasser, bis mit eintretendem Frühling die Wassertemperatur wieder steigt.

d) Wasserfall auf der rechten Talseite oberhalb des Seealpsees

Etwa 700 m oberhalb des Seealpsees, in einer Höhe von zirka 1300 m ü. M., stürzt, von der Meglisalp herkommend, Wasser in einer Kaskade von zirka 40 m Fallhöhe über die senkrecht anstehende Wand des Schrattenkalks herunter. Am 22. September 1935 notierten wir eine Wassertemperatur von 11,5° C; pH 7,42. Das Gestein steht massig an, und die Erosion geht langsam vor sich. Von weither ist die üppig ausgebildete Algenvegetation sichtbar, die zu beiden Seiten des Falles neben der eigentlichen Wasserrinne, d. h. so weit wie die Spritzer und der Gischt des zerstäubenden Wassers reichen, den Fels mit einer schleimigen, matt dunkelroten Kruste überzieht.

Diese Vegetation (Mat. 378) ist zusammengesetzt aus ausgebreiteten Lagern von *Schizothrix fasciculata* (Tafel 15 a) und *Phormidium favosum,* zwischen deren ineinandergeschlungene Fäden *Gloeocapsa sanguinea* mit weiten, schwach violett gefärbten Hüllen eingestreut ist. Die rotbraune Färbung dieser Vegetation ist verursacht durch *Chamaesiphon curvatus*. Die Fäden dieser Blaualge sitzen zu Millionen auf den Scheiden und Hüllen der genannten Algen, oft so dicht, daß von der Trägerpflanze kaum mehr etwas zu sehen ist (Abb. 40). Sie bedecken aber auch die Oberfläche des nackten Gesteins, das in Quadern von verschiedener Größe am Fuße des Falles in der Aufprallzone des Wassers liegt. Nicht selten tragen die Fäden dieser Blaualge ihrerseits wieder Individuen derselben Art als Epiphyten.

An allen Standorten unseres Wasserfalles bevorzugt *Chamaesiphon curvatus* die dem Licht zugewandte Seite des Substrates. Dies zeigt sich besonders deutlich an Lagern von *Gloeocapsa sanguinea,* deren Oberfläche auf der dem Licht zugewandten Seite einen Schopf von *Chamaesiphon*-Fäden trägt, während außerhalb desselben die Lagergallerte von Epiphyten frei ist. *Chamaesiphon polonicus* ist in geringerer Menge dieser Vegetation beigemischt.

Die Massenentwicklung einer kleinen, feinen Kieselalge, *Achnanthes linearis,* verursacht in der Spritzzone eine auffallende Grün-Braun-Färbung des Gesteins. Die Zellen sind durch verzweigte Gallertstiele am Substrat festgeklebt; zwischen ihnen wird reichlich Kalk ausgefällt.

In kleinen Mulden und Löchern der dem Wasserfall vorgelagerten Felssplitter kommt eine andere, das Gestein mit einer blutroten Kruste überziehende Alge *Haematococcus pluvialis* zur Entwicklung. Sie zeigt sich im Flagellaten- oder im ruhenden Palmellastadium, je nachdem, ob der Standort unter Wasser steht oder ausgetrocknet ist.

e) Dauernd schwach überrieselte, geneigte Schrattenkalkfelsen

Beim Aufstieg zum Wildkirchli, auf halber Höhe zwischen dem Pfad, der zum Seealpsee führt, und der Basis der großen Wand rieselt andauernd Sickerwasser (pH 7,20) in dünnem Film über mäßig geneigte, von Wiesen und Wald eingerahmte Felsen. Diese sind nach S exponiert. Sie sind von Algen dicht bewachsen. Von bloßem Auge erkennt man darauf bis 2 mm dicke Polster und Krusten von schokoladebrauner Farbe. An andern Stellen ist der Fels viele Quadratdezimeter weit von einer rosaroten, dünnen, leicht abnehmbaren Schicht überzogen, und zwischen diesen Beständen breiten sich die für solche Rieselwasserläufe charakteristischen grünen Watten von Fadenalgen aus (Mat. 379).

Die braunen Krusten stellen üppig entwickelte Lager von *Scytonema myochrous* dar, dessen dunkelbraune Fadenscheiden auffallend deutlich trichterförmig geschichtet sind und die, in Übereinstimmung mit dem hohen Benetzungsgrad des Wuchsortes, Zustände zeigen, die durch die Weite ihrer Scheiden an *Petalonema* erinnern. *Schizothrix epilithica* liegt in Polstern von heller, *Schizothrix lateritia* in solchen von rosa Farbe vor. Alle diese Blaualgen bergen im Geflecht ihrer Fäden *Gloeocapsa sanguinea* (st. *col., alpinus, fam. lam.*), deren Lager in allen Graden der Färbungsintensität vertreten sind. Sie liegt in Zuständen mittelweiter und sehr weiter Hüllen (st. *Ralfsianus*) vor. Zwischen den Kissen und Polstern von *Scytonema* und *Schizothrix* bedecken grüne Watten von *Zygnema, Mougeotia* und *Ulothrix* den Stein, und zwischen ihren Fäden sind *Gloeocapsa Kützingiana* im Zustande intensiv gefärbter, weiter Hüllen, sodann *Chroococcus turgidus* und viele Kieselalgen eingestreut.

Eine für das Gebiet der Schweiz neue Blaualge fanden wir in *Sacconema rupestris*. Sie zeigt sich in ausgedehnten Lagern und in der für sie angegebenen charakteristischen Ausbildung. Wir haben sie auch andernorts, z. B. in der Molasse um Schwarzenburg, gefunden. Bei der Besprechung jenes Gebietes werden wir unsere Auffassung begründen, wonach *Sacconema rupestris* nicht den Rang einer eigenen Gattung beanspruchen kann, sondern daß sie als die ökologische Modifikation nasser Standorte einer *Rivularia* aufgefaßt werden muß.

f) Steilwand im Schrattenkalk auf der Höhe des « Wildkirchli » (1477 m ü. M.)

Die von der Ebenalp nach S, SE und E senkrecht abfallende, über hundert Meter hohe Wand im Schrattenkalk ist berühmt geworden durch die in ihr gelegenen Höhlen des « Wildkirchlis » und des « Eschers », jene prähistorischen, altpaläolithischen Kulturstätten und höchstgelegenen Stationen des Urmenschen in Europa.

Massig, in mächtigen Bänken, steht der Kalkstein an, wohl seit Jahrhunderten an seiner Oberfläche kaum sichtbar verändert durch Rutschungen, Steinschlag usw. Von höherer Vegetation ist sie frei; nur spärlich haben sich in Vertiefungen und Schichtfugen des Gesteins schmächtige Moosräschen einzunisten vermocht (Tafel 14 b).

Die Wand ist grau, gelblich aufleuchtend in der Sonne. Dieses eintönige Grau ist aber vielfach unterbrochen von mächtigen dunklern Bändern, die hoch oben, wo die Felswand in den Wald und den Wiesenplan der Ebenalp übergeht, ansetzen und senkrecht an der Wand herablaufen. Manche dieser bald breiten, bald schmalen Bänder sind auf der Höhe von Schichtfugen des Gesteins unterbrochen, wie abgeschnitten, und laufen unterhalb dieser Stellen, horizontal verschoben, weiter. Diese Bänder sind die sichtbaren Spuren all der Stellen, an denen während und nach Niederschlägen Riesel- und Sickerwasser während längerer oder kürzerer Dauer an der Felswand herabfließt. Sie haben also dieselbe Ursache wie die Tintenstriche im Silikatgebiet; nur ist ihre Färbung viel heller; sie ist, namentlich im trockenen Zustande und aus der Ferne gesehen, aschgrau oder bläulichgrau; befeuchtet erscheinen sie in dunkelgrauer Patina.

Die gewaltige Wand, soweit sie von Riesel- und Sickerwasser oder auch nur von den in der Gegend reichlichen Niederschlägen benetzt wird, ist über und über mit Algen bedeckt. Diese lassen sich im feuchten Zustande leicht abheben. Ist der Standort aber trocken, so liegen sie in eine harte Kruste eingebettet, die bis zu 1 cm Dicke dem Gestein aufliegt und mit Hammer und Meißel als Ganzes abgelöst werden kann. Die Felswand zeigt eine rauhe Oberfläche und sieht aus, als ob sie von der Verwitterung oder von den auf ihr liegenden Algen korrodiert worden wäre. Dem ist aber nicht so. Die ursprüngliche Oberfläche des Gesteins liegt tiefer; sie ist bedeckt von der Kalkkruste, in der die Algen enthalten sind, und dieser Kalk ist auf biogenem Wege von den Algen selbst gefällt worden. Die Felswand wird also nicht von den auf ihr liegenden Algen zernagt, sondern mit einem Kalkpanzer überzogen, der sie vor der Zerstörung durch die Atmosphärilien weitgehend schützt.

An dieser Algenvegetation sind folgende Arten beteiligt (Mat. 380 bis 383) :

Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *fam. lam.*
» » st. *col.*, *alpinus*, *perdurans*
» » st. *col.*, *alpinus*, *germinans*
Gloeocapsa Kützingiana, st. *fam. lam.*
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*
Gloeocapsa Itzigsohnii
Aphanocapsa montana
Scytonema myochrous
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*
Nostoc microscopicum
Tolypothrix sp.

Gloeocapsa sanguinea bestreitet wohl 90 % der Vegetation dieser grauen Wand, wenigstens im Gebiete außerhalb der « Graubänder ». Auf den erhöhten Stellen der unebenen Oberfläche, also den der Besonnung am meisten ausgesetzten Wuchsorten, liegt sie ausschließlich im Zustande dickwandiger, intensiv violett gefärbter Dauerzellen vor. In den Vertiefungen herrschen die Lager mit mittelweiten und mäßig oder schwach gefärbten Hüllen vor und gehen in jene Schattenformen über, die in der Literatur als *Aphanocapsa montana* bezeichnet werden. Hinsichtlich der Individuenzahl folgt an zweiter Stelle *Gloeocapsa Kützingiana*. Auch sie liegt im vegetativen Zustande mit verhältnismäßig weiten Hüllen vor in den tiefer gelegenen feuchteren Stellen der Felswand, während auf Erhebungen und stark besonnten Wuchsorten das Dauerstadium, st. *pleurocapsoides* vorherrscht.

In den eigentlichen Graubändern, die sich durch ihre hellere, mehr bläulichgraue Patina auf der Wand besonders abheben, liegt diese Alge in fast reinen Beständen vor. In ähnlicher Weise, wie wir dies an anderen Orten (z. B. im Gebiet von Barberine, Erstfeld usw.) beobachteten, bilden sie darauf halbkugelige Pusteln, die dicht gedrängt sich über dem Substrat erheben. Eingehüllt von dem durch ihre eigene Assimilationstätigkeit gefällten Kalk zeigen sie sich zumeist im st. *pleurocapsoides*, d. h. im Einzell- oder Zweizellstadium, seltener im st. *quadrantorum* bzw. st. *octantorum*.

An feuchteren Wuchsstellen liegt *Scytonema myochrous* im st. *typicus*, d. h. mit gut ausgebildeten, freien Doppelverzweigungen vor, an trockeneren Standorten dagegen ist diese Blaualge im st. *crustaceus*, d. h. mit den für diese Standortsform charakteristischen Trichomschleifen, vertreten.

An Stellen höheren Benetzungsgrades zeigt die Vegetation eines Rieselwasserstreifens ein etwas verändertes Bild. *Gloeocapsa sanguinea* ist in weithülligen, in Vertiefungen auch mit farblosen und homogenen

Hüllen (st. *pallidus*) vertreten. Die Art tritt aber gleichzeitig stark zurück vor *Nostoc microscopicum* und *Gloeocapsa Kützingiana*. Auch bei dieser Alge herrschen die mehrzelligen und weithülligen Zustände (st. *rupestris* und st. *fam. lam.*) vor.

12. Am Südabhang der Churfirsten

In steilen, stellenweise senkrechten, bis zu über 1000 m hohen Wänden fallen die Churfirsten nach dem Walensee ab. Ihre S-Flanke ist wenig gegliedert; nur da und dort schiebt sich zwischen das eintönige Grau oder Blaugrau der nackten Felsen ein grünes Band von Wald, Sträuchern oder Graswuchs, und bei Betlis haben zwei Wasserfälle ein kleines Erosionstal in das Gestein eingefressen.

Am Ufer des Walensees, ca. 430 m ü. M., stehen noch Malmkalke an; aber schon in geringer Höhe sind diese überlagert von den gegen 2000 m mächtigen Schichten der untern und mittleren Kreide, des Schrattenkalks, der sich, nicht minder mächtig, bis ins Säntisgebirge nach N hinzieht. Das Gebiet des Walensees ist niederschlagsreich. Weesen zeigt ein Jahresmittel von 167 cm; doch reicht nach Maurer und Lugeon die 180-cm-Zone, die das Säntismassiv umgibt, bis in unser Untersuchungsgebiet hinein. Diese hohe Feuchtigkeit kommt auch in dem üppig entwickelten Lindenwald am Fuße der Churfirsten zum Ausdruck.

Die Einbeziehung dieser Berghänge in unsere Untersuchungen schien uns notwendig, weil sie bereits Gegenstand zweier grundlegender Arbeiten über die Felsvegetation waren, einer ersten, die M. Oettli (1905) der Phanerogamenvegetation widmete, und einer zweiten von G. Blöchliger (1931), die die Bakterienflora des Schrattenkalks zum Gegenstand hatte. In diesen Arbeiten war eine Reihe von Fragen zur Diskussion gestellt worden, die es auch auf der Grundlage algologischer Untersuchungen zu beantworten gab. Schon zu Beginn unserer Erhebungen schien es uns höchst wahrscheinlich, daß einige Auffassungen der genannten Autoren umgedeutet oder korrigiert werden müßten.

Aus der Weite betrachtet zeigen die Steilwände der Churfirsten ein ähnliches Bild wie die Kalkfelsen, die wir im Alpengebiete vielerorts beobachteten; nur ist die blaugraue Farbe ihrer Oberfläche noch auffallender, allgemeiner und einheitlicher. Den Geologen ist diese Gesteinsfärbung längst aufgefallen, und nach Albert Heim ist der Schrattenkalk gerade an seiner blauen Färbung erkennbar. Unsere Untersuchungen in andern Kalkgebieten haben uns gelehrt, diese Gesteinsfärbung zu deuten. Sie ist nicht in erster Linie die Farbe des gewachsenen Kalks, sondern die Patina, die durch die Algenvegetation und die durch sie auf

dem Fels abgelagerte Kruste biogen gefällten Kalkes auf seiner Oberfläche hervorgebracht wurde.

Wie zu erwarten war, ist das Gestein der Churfirsten auf weite Strecken hin von einer mehr oder weniger zusammenhängenden Algenschicht bedeckt. In ihr dominiert *Gloeocapsa Kützingiana*, st. *pleurocapsoides*, und nur verhältnismäßig spärlich ist *Gloeocapsa sanguinea*, st. *col.*, *alpinus*, *perdurans*, in tieferen Kalkschichten auch st. *fam. lam.* mit schwächerer Hüllenfärbung beigemischt (Mat. 882). Unmittelbar unter Sickerwasseraustritten herrscht manchmal *Gloeocapsa sanguinea* (mit stets violett gefärbten Hüllen) vor. Dort (Mat. 884) gelangen während der Dauer der Benetzung vielerorts auch ausgedehnte Lager von *Scytonema myochrous* zur Entwicklung. Wenn aber das Wasser versiegt, vertrocknen sie und bleiben in Fetzen noch eine Zeitlang am Fels kleben. An anderen, während längerer Perioden benetzten Stellen (Mat. 883) entwickelt diese Alge üppige Kissen von mehreren Zentimetern Dicke. In ihnen zeigen die Fäden weite *Petalonema*-artige Hüllen, während an den vorher genannten, trockeneren Stellen die Trichome von dünnen, zähen Scheiden umschlossen sind, so daß also der st. *crustaceus* mehr oder weniger stark vorherrscht (Mat. 884). Stets sind zwischen die Fäden der *Scytonema*-Lager Kolonien von *Gloeocapsa sanguinea*, st. *col. alpinus*, mit sehr weiten, schwach gefärbten Hüllen, sodann *Gloeothece pallida*, *Gloeocapsa Kützingiana*, st. *pleurocapsoides* und *Synechococcus aeruginosus* eingelagert. Außer diesen wenigen Arten gelangt kaum eine andere zu nennenswerter Entfaltung.

Diese weit ausgedehnte Algenvegetation ist also zu wohl 99 % aus kaum einem halben Dutzend Arten zusammengesetzt, und nur Blaualgen sind in ihr vertreten. Kieselalgen und Konjugatenalgen fehlen. Für die ersteren ist der Standort zu stark belichtet, für die letzteren zu trocken.

Die alkalische Reaktion des Riesel- und Sickerwassers bringt es mit sich, daß rothüllige *Gloeocapsa sanguinea* im Gebiete fehlt. Wo diese Art vorkommt, da ist sie in ihrer violetthülligen Form vertreten. Diese bestimmt neben der gelbhülligen *Gloeocapsa Kützingiana*, st. *pleurocapsoides* die Farbe des Materials im mikroskopischen Präparat.

Nun liegt aber an manchen Standorten (Mat. 881) noch eine *Gloeocapsa* mit orangeroten Hüllen vor. Wenn sie auch an Individuenzahl nirgends an die beiden genannten Arten heranreicht, so kann sie doch gelegentlich recht reichlich vertreten sein.

Sie liegt in den gleichen Entwicklungszuständen vor wie *Gloeocapsa Kützingiana*, st. *pleurocapsoides*, nämlich in dickwandigen, in eine dünne, zähe, intensiv gefärbte, eng anliegende Hülle eingeschlossenen Zellen, die ihrerseits in eine weite, hyaline und homogene Gallerte eingebettet ist. Dieser Zustand entspricht dem st. *germinans*, den wir

bereits weiter oben für *Gloeocapsa Kützingiana* und *Gloeocapsa sanguinea* beschrieben haben. Die orangerothüllige *Gloeocapsa* liegt aber auch in ein- und zweizelligen Dauerzuständen, ebenso in vier- und achtzelligen Entwicklungsstadien (st. *quadrantorum* und st. *octantorum*) vor. In Zellgröße, Anordnung der Tochterzellen nach der Teilung, Ausbildung der Gallerte usw. gleicht diese Alge genau der gelbhülligen *Gloeocapsa*. Nur die deutlich orangerote Farbe könnte uns daran hindern, sie zu *Gloeocapsa Kützingiana* zu stellen. Folgen wir den Bestimmungsschlüsseln der neueren Cyanophyceenliteratur, so müssen wir die fragliche Alge zu *Gloeocapsa Shuttleworthiana* stellen, also einer Spezies aus der Untergattung *Rhodocapsa*.

Welcher Art ist nun aber der Hüllenfarbstoff? Bringen wir Salzsäure zwischen Objektträger und Deckgläschen, so schlägt die orangerote Färbung alsbald nach Gelbbraun um, und unsere Alge unterscheidet sich dann in nichts mehr von der echten *Gloeocapsa Kützingiana*. Wie bei dieser kann die Farbe nach längerer Einwirkung der Salzsäure auch nach Grün umschlagen. Diese Farbreaktion gelingt freilich nicht immer, was wohl der dichten, zähen Gallerthülle zuzuschreiben ist, die dem Eindringen der Säure so großen Widerstand entgegensetzt, daß diese nicht bis zum Farbstoff vorzudringen vermag.

Wären wir in der Lage, die Orangefärbung auf bestimmte ökologische Verhältnisse des Standorts zurückzuführen, so würde nichts uns hindern, unsere orangerothüllige *Gloeocapsa* als Standortsform der *Gloeocapsa Kützingiana* zu deuten. So weit sind wir aber noch nicht, und wenn es uns auch höchst wahrscheinlich scheint, daß die beiden nur durch die Hüllenfärbung verschiedenen Materialien genetisch zusammengehören, so sind wir doch heute noch nicht berechtigt, diese Vereinigung vorzuschlagen.

Soviel aber ist sicher, daß *Gloeocapsa Shuttleworthiana* nicht der Untergattung *Rhodocapsa*, sondern der Untergattung *Chrysocapsa* zugeordnet werden muß, denn ihr Hüllenfarbstoff ist nicht Gloeocapsin, sondern Scytonemin oder ein ihm ähnlicher Farbstoff.

Neben dieser Algenvegetation, die dem Substrat in einer gleichmäßigen, formlosen, aber meist stark verkalkten, bis mehrere Zentimeter dicken Schicht aufliegt, bergen die Steilwände der Churfirsten da und dort noch verkalkte Algenlager, von charakteristischer Form, in denen der Laie kaum biogene Bildungen zu erkennen vermöchte. Wir finden sie vornehmlich an Stellen periodisch austretenden Sickerwassers (Mat. 881). Dort bedecken sie in zahlreichen, guirlandenartig horizontal verlaufenden Bändern viele Quadratdezimeter weit den Fels mit einem harten Tuff. Benetzen wir diesen mit Salzsäure, so wird die Alge sichtbar, die auf biogenem Wege diesen Kalk fällte. Es handelt sich dabei um

eine *Schizothrix,* deren Fäden viele Trichome in sich schließen, sich unter Verminderung der Trichomzahl reichlich verzweigen, bis die Endverzweigungen nur noch einzelne oder je ein einziges Trichom enthalten. Die Zellen sind 1,7 μ breit, 1—2mal, an den Trichomenden aber bis 3mal so lang als breit, die Endzelle ist kegelig zugespitzt. Die Scheiden sind farblos, eng oder weit, fest und an den Enden oft deutlich zugespitzt.

Die Artbestimmung bietet wiederum nicht geringe Schwierigkeiten. Unsere Alge kommt den Arten *Schizothrix coriacea, Sch. fasciculata* und *Sch. perforans* am nächsten. Die letztgenannte scheidet aber aus, denn ihre Trichome von 0,8—1,4 μ Breite sind viel zu dünn; ihre Fäden sind nur wenig verzweigt und enthalten meist nur ein einziges Trichom. *Schizothrix fasciculata* hat dagegen zu breite Trichome (1,4—3 μ).

So bleibt unter den bisher in der Literatur beschriebenen Arten nur *Schizothrix coriacea.* Aber auch von dieser unterscheidet sich unsere Alge durch mehrere Merkmale, insbesondere durch die reichliche Verzweigung ihrer Fäden und die große Zahl der in ihnen enthaltenen Trichome. Vielleicht ist diese Nichtübereinstimmung nur scheinbar und ließe sich möglicherweise darauf zurückführen, daß das Originalmaterial, auf das die Diagnose aufgebaut ist, nicht sorgfältig genug eingesammelt wurde. Löst man nämlich nicht eine ziemlich dicke Kalkschicht durch Salzsäure auf, so werden nur die oberflächlich liegenden Endverzweigungen der Fäden, die nur einzelne Trichome enthalten, frei; die älteren, viele Trichome enthaltenden Fadenstücke liegen tiefer im Gestein.

Wie in vielen anderen Fällen wollen wir sowohl darauf verzichten, unsere Alge einer bekannten Spezies zuzuordnen, als auch eine neue Art zu beschreiben. Ihre endgültige Bearbeitung soll für einen späteren Zeitpunkt aufgespart bleiben.

In diesen *Schizothrix*-Tuffen siedeln sich auch Chroococcaceen an, insbesondere *Gloeocapsa Kützingiana* und *Gloeocapsa sanguinea.* Sie liegen in Dauerzellen, vegetativen und Nannozyten-Stadien vor. Zwischen ihnen verlaufen die torulösen Fäden von Pilzen, die zur Lichenisation der Algenlager führen (Mat. 881).

Ganz allgemein ist im Gebiet der Churfirsten die die Felsoberfläche bedeckende Algenschicht stark verkalkt. Sie kann auf der Oberfläche des kompakten Gesteins eine zusammenhängende, harte, poröse Kruste von mehreren Zentimetern Dicke bilden, in der die Algen z. T. eingemauert sind. Während die zutiefst liegenden Zellen in der von ihnen oder von ihrer Nachkommenschaft abgelagerten Kalkkruste ersticken, führen die oberflächlich liegenden Zellen ihre Assimilationstätigkeit und damit auch die Kalkfällung andauernd weiter.

Nun gibt es auf den weiten Felsflächen der Churfirsten auch Stellen, die den Algen zu trocken sind. Sind sie starker Belichtung aus-

gesetzt, so wuchern auf oder in der Oberfläche epi- oder endolithische Flechten. Völlig vegetationsfrei erscheinen dem Auge dagegen Felsflächen, die unter überhängendem Gestein zurücktreten, die also sozusagen nie von Regen, Riesel- oder Sickerwasser benetzt werden.

a) Am Serenbachfall

Oberhalb des Dorfes Betlis, ca. 500 m ü. M., stürzt das Wasser des Serenbachfalles über eine 80 m hohe Felswand, und weithin benetzt sein Gischt die auf dem Talboden verstreut liegenden Gesteinssplitter. Diese sind darum von einer üppigen Algenvegetation von oft mehreren Millimetern Mächtigkeit über und über bedeckt. Dabei sind hauptsächlich vertreten (Mat. 886) :

Hydrurus foetidus (besonders reichlich in der kalten Jahreszeit).
Schizothrix sp.
Chamaesiphon polonicus und zahlreiche Kieselalgen, unter denen besonders reichlich vertreten sind :
Ceratoneis arcus var. *genuina,*
Diatoma hiemale var. *mesodon*
Cymbella ventricosa
Meridion circulare
Microneis exilis
Synedra ulna var. *danica*
Cymbella affinis
Gomphonema olivaceum.

Die ausgedehnten *Schizothrix*-Lager sind durch ihre dunkle, rost- bis karminrote Färbung von weither sichtbar. Ihre Fäden liegen dem Substrat eng an, und nur selten sind einzelne Fadenbündel senkrecht aufgerichtet. Die Kalkinkrustation ist gering; die Lager sind deshalb weich, und die Fäden lassen sich leicht voneinander lösen.

Im Mikroskop ist keine Scheidenfärbung zu erkennen. Wiederum bietet die Artbestimmung größte Schwierigkeiten. Am nächsten kommt unser Material den Arten *Schizothrix tinctoria* und *Sch. Regeliana.* Von der ersteren, für die violette oder stumpf blaugrüne Lager angegeben sind, unterscheidet sie sich durch ihre mehr fleischrote Färbung. Überdies sind ihre Zellen breiter, nämlich 2,2—2,9 μ, gegenüber 1,4—2,4 μ bei *Sch. tinctoria.* Besser stimmt unsere Alge mit *Schizothrix Regeliana* überein, wenn auch für die Zellen dieser Art nur 1,7—2,2 (—2,7) μ angegeben sind. Wir möchten auch in diesem Falle die endgültige Artbestimmung einer späteren Studie vorbehalten.

Vielfach sind die Fäden von *Schizothrix* mit den Lagern eines *Chamaesiphon* dicht besetzt. Auch seine Bestimmung bietet fast unüber-

windliche Schwierigkeiten. Mit keiner der bisher bekannten Arten stimmt er völlig überein. Geitler (1930, S. 421) hat auf diese Schwierigkeit der Bestimmung von *Chamaesiphon* hingewiesen; sie liegt in der vielfach ungenügenden Kenntnis der Arten begründet, und nach Geitler ist die Artsystematik dieser Gattung noch durchaus provisorisch. Zu dieser Auffassung haben die vorliegenden Untersuchungen auch uns geführt. Am ehesten läßt sich unser Material bei *Chamaesiphon confervicola* unterbringen. Diese Art ist aber von Borzi wohl zu weit gefaßt worden und schließt Entwicklungszustände ein, die nur schwer verständlich sind.

Unser Material besteht aus Einzelzellen von ziemlich deutlich zylindrischer Form. Die Basis ist etwas eingezogen. Durch die am Substrat ausgebreitete Gallerte sind die Lager an ihrer Unterlage festgewachsen. In ihren mittlern Partien und am Scheitel sind sie ziemlich einheitlich 4—5 μ breit. Die Pseudovagina ist dünn (etwa 0,5—1,0 μ dick), farblos und fest. Manchmal lassen sich feine Schichten nachweisen, die sukzessive vom Protoplasten ausgeschieden werden, offenbar jedesmal, wenn eine Spore frei wird. Der Protoplast ist von stahlblauer, rötlichblauer bis blaugrauer Färbung.

Meist ist nur eine einzige Spore sichtbar. Vielfach liegen aber auch 2, 3, ja 4 Sporen im Sporangium. Sie fallen in der Regel ab, so daß es nicht zur Bildung von Kolonien kommt. Manchmal aber vermögen sich einzelne Sporen nicht aus der Gallerthülle der Mutterzelle zu befreien und keimen auf dieser letzteren aus. Gelegentlich kommt es auch vor, daß sich innerhalb der Pseudovagina eine jüngere Spore an einer älteren vorbeischiebt und abfällt, während die ältere mit der Mutterzelle in Verbindung bleibt. Solche und ähnliche Bilder erwecken oft den Eindruck, als ob Sporen sich geteilt hätten. Dies ist aber wohl nicht der Fall, und wenn im Sporangium Sporen nebeneinanderliegen, so ist dies wohl immer das Ergebnis einer Verschiebung, nicht einer Teilung.

Borzi hat für *Chamaesiphon confervicola* intrasporangiale Sporenteilungen angegeben. Geitler zweifelt an der Richtigkeit dieser Angabe und möchte die von Borzi gegebenen Bilder eher durch Stauchungen erklären. Vielleicht vermag unsere Studie, deren Ergebnisse wir auch in Abb. 41 dargestellt haben, in dieser Frage eine Klärung herbeizuführen.

13. In der Umgebung von Arosa

Das Untersuchungsgebiet um Arosa liegt geologisch in der Aroser Schuppenzone und, soweit es sich um anstehenden Fels handelt, in der Region des Hauptdolomits. Dazu gehören verschiedene Felszähne auf

der Alp Maran und ein größeres Felsmassiv oberhalb derselben in der dortigen Legföhrenaufforstung, sodann ein weiteres am Südhang des Tschuggen. Im Geländeschutt des Arlenwaldes dagegen liegen mitten unter Felszähnen und Splittern des anstehenden Dolomits Ophiolithklötze, die aus dem kristallinen Gestein des Brüggerhorns und des Maranerberglis heruntergefallen sind. Am Hörnli stehen mesozoische Ophiolithe, insbesondere Serpentin, Diabas, Variolarit und Spilit an.

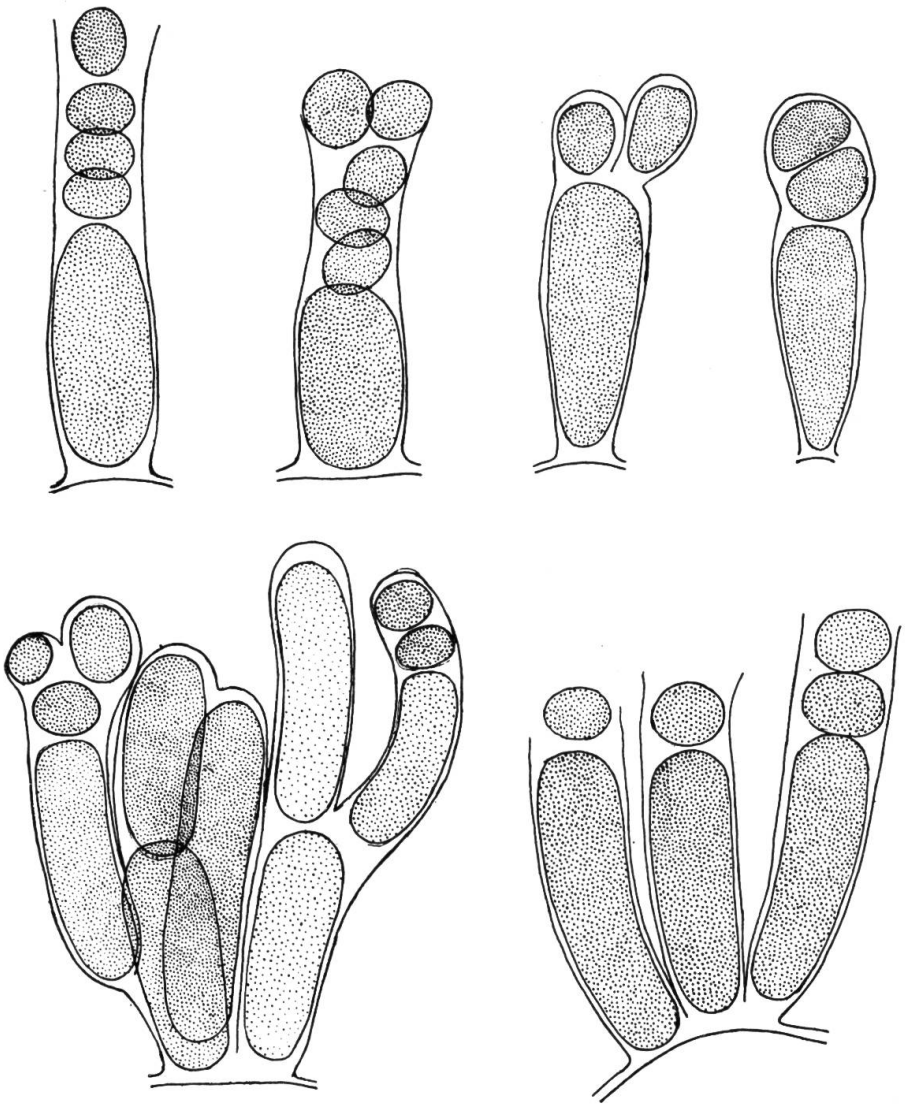

Abb. 41
Chamaesiphon confervicola A. Br., verschiedene Entwicklungszustände. Aus einem am Serenbachfall (Churfirsten) gesammelten Material. Vergr. ca. 2000

Im Untersuchungsgebiet kommt für die Entwicklung der Algenvegetation der jährlichen Niederschlagsmenge eine besondere Bedeutung zu, da die Felszähne und die Steilwände der Felsmassive beinahe

ausschließlich von Regen und Schmelzwasser benetzt werden. Am Hörnli dagegen tritt, namentlich auf der Ostseite, aus Felsspalten Sickerwasser in geringer Menge aus. Arosa zeigt eine mittlere Niederschlagshöhe von 132 cm; das Hörnli liegt bereits über der 140-cm-Linie.

a) Felszähne am Südhang des Tschuggen (1880 m ü. M.)

Oberhalb des Dorfes Inner-Arosa, am Südhang des Tschuggens, steht der Dolomit in bis 10 m hohen, senkrechten Felszähnen mit größtenteils nackten Wänden an, nach allen Seiten hin frei, nach dem Tale zu in Südexposition. Die dunkle Patina der Gesteinsoberfläche zeigt verschiedene Nuancen, vom schmutzigen dunkeln Grau, wie es die Bahnen des Rieselwassers im allgemeinen kennzeichnet, bis zu jenem helleren Blaugrau, das wir bereits andernorts als die trockenste Phase der Algenstandorte auf dem basischen Gestein kennen lernten.

Wir haben von diesen Dolomitwänden 20 verschiedene Materialien geprüft und dabei eine reichentwickelte, aber immer sehr eintönige, artenarme Vegetation vorgefunden (Mat. 151). Dies liegt darin begründet, daß die höhern Grade der Benetzung, die Stufen 1—3, im Untersuchungsgebiete, namentlich in demjenigen des Dolomits, fehlen. Die dunkleren Rieselwasserstreifen, die in die vierte bis fünfte Stufe einzureihen sind, zeigen, weitaus dominierend, *Gloeocapsa sanguinea* im Zustande der intensiven, dunkelvioletten Färbung ihrer enganliegenden Hüllen und, weniger reichlich, im st. *familiaris lamellosus. Gloeocapsa Kützingiana* ist, wenn auch nicht reichlich, im st. *perdurans* mit großen Einzelzellen oder in zwei-, vier- bis achtzelligen Zuständen, die die frühere Spezies *Gloeocapsa rupestris,* nach unserer Auffassung den status *rupestris,* darstellen, vertreten. Spärlicher sind *Calothrix parietina* und *Scytonema myochrous,* st. *crustaceus* beigemischt. In den helleren, bläulichgrauen Algenstreifen, die der fünften Benetzungsstufe angehören, dominiert *Gloeocapsa Kützingiana,* st. *pleurocapsoides* neben *Gloeocapsa sanguinea,* st. *col. alpinus, perdurans* fast unumschränkt.

b) Ein Felszahn auf der Alp Maran

Ein nach allen Seiten hin völlig freistehender Felszahn von ungefähr 5 m Höhe und einer Grundfläche von ca. 80 m² trägt auf seinem zerklüfteten Scheitel einen kargen Bestand von Kleinsträuchern und Gras, und in Ritzen und Spaltfugen des Gesteins hat sich etwas Erde angesammelt, in der Glockenblumen, Baldrian, Preiselbeeren, Weiden und verschiedene Gräser wurzeln. Sonst sind die Steilwände nackt und kahl. Die nach Süden gerichtete Wand tritt oberhalb ihrer Mitte unter einem darüber vorspringenden Felskopf etwas zurück, so daß sie dort weder von Niederschlägen noch von Riesel- oder Sickerwasser benetzt

Tabelle 36

	26 A	25	34	34 A	28	26	27	33	84	32	28 A	29	35
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, perdurans*	5,2	5,2	5,2	5,2	2,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	1,2		1,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, fam. lam.*				1,2	1,2		1,2						2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *pallidus*													1,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., magma*							1,2						
Gloeocapsa sanguinea, st. *Aphanocapsa, nannocytosus*												1,2	1,2
Gloeocapsa Shuttleworthiana	1,2	+, 2	1,2	+, 2	+, 2	+, 1	+, 2	+, 2	+, 2	+, 2			
Gloeocapsa Kützingiana, st. *rupestris*					1,1		1,2						
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*	+, 1	1,2	1,2	+, 1	5,1	+, 1	1,1	1,2	1,2	1,2	5,1		
Nostoc microscopicum						+, 1		+, 2	+, 2			1,2	
Cystococcus sp.												1,2	
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*						+, 1			+, 2			+, 2	
Calothrix parietina								+, 2					
Collema-Flechtenanfänge						+, 2	1,2	+, 2	+, 2			+, 2	
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocaps.* lichenisiert										+, 2			

wird. Andere Stellen, namentlich am Rande dieser trockensten, zurücktretenden Fläche, erhalten das vom überhängenden Felskopf abrieselnde und abtropfende Wasser, während wieder andere Stellen nur die Niederschläge auffangen (Taf. 15 b).

Die Gliederung der Algenvegetation dieses Gesteins ist darum etwas reicher als am Südhang des Tschuggens, was auch in der mehr abgestuften Farbtönung der Gesteinsoberfläche zum Ausdruck kommt. Die nachstehende Tabelle (Nr. 35), in der die wesentlichen für die Algenvegetation in Betracht kommenden Biotope dieses Felszahns berücksichtigt sind, gibt über diese Vegetation Auskunft.

Die in der Liste aufgenommenen Materialien stellen die Vegetation verschiedener Gesteinsoberflächen von je etwa 10—20 cm² dar. In sämtlichen 13 Proben ist *Gloeocapsa sanguinea* vertreten; 9mal dominiert sie in ihrem dunkelvioletthülligen Dauerzustand, 4mal ist sie im Stadium mittelweiter Hüllen vertreten. Dieses kommt zu reichlicher Entfaltung in Material Nr. 35, neben dem st. *perdurans* und dem st. *pallidus*. Es handelt sich dabei um Material aus einer Felsritze, das der direkten Besonnung entzogen ist. Wir beobachteten darin auch rothüllige Lager, was auf die Versauerung der Felsoberfläche durch geringe Mengen von humusartiger Erde, die sich in der Ritze festsetzte, zurückzuführen ist. In den hellen, blaugrauen Algenstreifen dominiert wie auf den Dolomitwänden des Tschuggen-Südhanges *Gloeocapsa Kützingiana*, st.*pleurocapsoides*. In ihrer weithülligen Form (st. *rupestris*) kommt diese in den Materialien der etwas feuchteren Standorte Nrn. 28 und 28 A vor. Da und dort sind spärliche Lager von *Scytonema myochrous*, st. *crustaceus* und *Calothrix parietina* eingestreut, in vier Fällen auch *Nostoc microscopicum*. Die Lager dieser Alge zeigen am Rand der Rieselwasserbahnen reichliche und verschieden weit fortgeschrittene Lichenisationsanfänge, bei denen in jungen Stadien die geschichteten, gelben Lagerhüllen noch sehr deutlich sichtbar sind. Außerhalb der Wasserstreifen entwickeln sie sich zu gut ausgebildeten *Collema*-Lagern.

Der stets trockenen, unter überhängendem Fels zurücktretenden Wand fehlen Algen und Flechten sozusagen vollkommen. Sie zeigt die natürliche Farbe des nackten Gesteins und birgt außer einer eventuell vorhandenen Bakterienflora keinerlei Vegetation.

Auffallend und weithin sichtbar sind auf allen diesen Felsköpfen und -rücken, von der Alp Maran bis zum Tschuggen, ausgedehnte Bestände von *Caloplaca elegans*, einer goldgelben nitrophilen Flechte, die an Anflugstellen der Vögel zu außerordentlich üppiger Entwicklung gelangt.

Eine auffallende Erscheinung in sämtlichen Materialien ist das

reichliche Auftreten einer *Gloeocapsa* mit braunroten, ockerroten bis orangeroten Hüllen, die in ihrer Farbe zwischen dem Karminrot der *Gloeocapsa sanguinea* und dem Goldgelb der *Gloeocapsa Kützingiana* liegt. Sie ist in denselben Stadien vorhanden wie diese, nämlich im Ein-, Zwei-, Vier- und Acht- bis Sechzehnzellenstadium mit eng anliegender, intensiv gefärbter Gallerte. Lange Zeit rechneten wir sie zu *Gloeocapsa sanguinea;* damit stand diese Alge aber nicht nur in der Nuance ihrer Farbe, sondern auch in ihrem Standort mit alkalischer Reaktion im Widerspruch. Schließlich fanden wir eine befriedigendere Lösung, indem wir sie unter den orangerothülligen Formen einreihten. Diese sind in der Literatur in der Untergattung *Rhodocapsa* untergebracht. Dabei kommen zwei Arten in Frage : *Gloeocapsa Itzigsohnii,* eine Art, für die ungeschichtete Hüllen angegeben sind, und *Gloeocapsa Shuttleworthiana* mit geschichteten Hüllen. An unserm Material ist keine Schichtung erkennbar, weil die Zellen im Dauerstadium vorliegen. Ihre Größe ist angesichts des sehr großen Schwankungsbereiches aller Dauerzellen von *Gloeocapsa* ebenfalls schwierig zu bewerten. Sämtlichen Herbarien, die wir, zum Vergleich, durchzusehen Gelegenheit hatten, fehlen Formen mit orangefarbenen Hüllen. Diese weisen in unserm Material viel mehr nach Rot und nach Gelb hin; es liegt also kein reines Orange vor. Um die Natur dieser Farbstoffe zu prüfen, griffen wir zum Mittel der chemischen Reaktion und machten dabei eine recht interessante Beobachtung : Bei Zusatz von Kalilauge schlägt die Rotorangefarbe nach einem klaren Goldgelb um, genau wie bei *Gloeocapsa Kützingiana.* Ebenso färben sich bei Zusatz von Salzsäure die Hüllen satt grün. Damit ist zunächst festgestellt, daß nicht *Gloeocapsa sanguinea* vorliegt. Die Lager dieser Art, die in ihrem violett gefärbten Zustande im Material überaus reichlich vorhanden sind, nehmen, wie an allen andern Fundstellen, bei Zusatz von Salzsäure rote, bei Zusatz von Lauge dagegen violette Färbung an. Damit ist erwiesen, daß unsere Alge mit orangeroten Hüllen in der Untergattung *Rhodocapsa* keinen Platz finden kann. Dagegen fügt sie sich durch das chemische Verhalten ihres Farbstoffes völlig ein in die Untergattung *Chrysocapsa.*

Ist sie mit *Gloeocapsa Kützingiana* identisch ? Das ist wohl nicht der Fall. Auf demselben mm² gewachsen, zeigt sie ja unter den selben Lebensbedingungen eine von dieser Alge durchaus verschiedenartige Hüllenfärbung. Wir müssen sie unter den beiden in Frage kommenden Arten (*Gloeocapsa Itzigsohnii* und *Gl. Shuttleworthiana*) derjenigen mit größeren Zellen und ungeschichteten Hüllen, also *Gloeocapsa Shuttleworthiana* zuordnen. Diese muß damit aber aus der Untergattung *Rhodocapsa* ausscheiden und in der Untergattung *Chrysocapsa* eingereiht werden. Dies könnte wohl auch für die übrigen Arten mit orangeroten

Hüllen zutreffen. Im übrigen scheint es uns möglich, daß sich diese bei genauerem Studium schließlich, wenigstens zum Teil, als Entwicklungszustände unserer Art erklären lassen. Doch muß diese Frage noch eingehend geprüft werden.

Ein ähnliches Bild wie die Silikatblöcke am Arlenwaldweg zeigen die Tintenstriche auf den Ophiolithen des Hörnlis (2500 m ü. M.); *Gloeocapsa sanguinea* dominiert. Sie ist aber nicht wie dort beinahe ausschließlich in der rothülligen Form vertreten, sondern die Lager mit violetten Hüllen sind reichlich beigemischt. Ob rot oder blau, zeigen die Lager außerordentlich intensive Färbung, satt rot oder dunkel-, fast schwarzviolett, so dunkel, daß vielfach die Einzelzellen innerhalb der gefärbten Hülle nicht oder doch nur mit größter Mühe zu erkennen sind. Namentlich die riesigen Dauerzellen, die einen Durchmesser von bis zu 25 μ erreichen können, erwecken den Anschein, als ob sie bis ins Innerste vom Farbstoff durchtränkt wären, und doch ist es nur eine dünne, die Zellen umschließende pigmentführende Schicht, der nach außen zu die oben beschriebene farblose, dichtere Hüllgallerte (Keimgallerte) angelagert ist.

Aber nicht nur *Gloeocapsa sanguinea* liegt im Zustand der Dauerzellen vor; auch *Gloeocapsa Kützingiana,* deren Entwicklungsstadien bis zum 16-Zellstadium, abgesehen von ihrer Hüllenfärbung, von der ersteren kaum zu unterscheiden sind, ist reichlich vertreten, und alle drei zeigen in derselben Weise mit fortschreitender Teilung eine Abnahme des Zelldurchmessers. Alle scheiden im Laufe der ersten Zellteilungen so reichlich Gallertsubstanz aus, daß sie von einer Schleimmasse eingehüllt werden, die ihren Durchmesser um ein Mehrfaches übertrifft. Auffallend ist ferner, daß wiederum bei allen drei Elementen keine Färbung dieser Gallerte, die wir Keimungsgallerte nannten, eintritt. Erst nachdem sich die Tochterzellen aus der Mutterhülle befreit haben, fangen sie an, ihre Gallerte zu färben.

Diese wenigzelligen Familien entwickeln sich weiter zu Lagern mit eng anliegenden, dünnen Hüllen, im Fall der roten Hüllen zum status *magma,* in demjenigen der violetten zum entsprechenden Zustand, und in der gelbhülligen Form zu *Gloeocapsa Kützingiana,* st. *rupestris.*

Je nach dem Feuchtigkeitsgrad der Standorte unterscheiden sich deren Materialien durch die mehr oder weniger weiten Hüllen, und entsprechend der Reaktion der Unterlage herrschen die roten oder violetthülligen Formen vor. Am Rande dieser tiefschwarzen Tintenstriche treten die genannten Algen in einfachen Lichenisationsanfängen auf. Diese werden hier namentlich von dem reichlich vertretenen *Scytonema myochrous,* st. *crustaceus* gebildet.

Leider konnte die Reaktion des Sickerwassers der Algenstandorte nicht ermittelt werden. Sie dürfte, wie aus der Färbung der Hüllen von *Gloeocapsa sanguinea* zu schließen ist, in der Nähe des Farb-Umschlagspunktes, also in der Nähe von pH 6,5 liegen.

14. Bei Bärschis (Kanton St. Gallen)

Auf der rechten Seite des Seeztales, zirka 3 km südöstlich von Wallenstadt, steht auf einer Höhe von zirka 500 m ü. M. in einer Länge von ungefähr 1 km eine Felswand des Liaskalks an. Sie ist nach SW exponiert, und auf ihrem höchsten Punkte steht, weithin schauend, das malerische Kirchlein St. Georgen (592 m ü. M.). Der Scheitel dieser Wand, sowie auch der ihr auf der Talseite vorgelagerte Felsschutt sind mit mittelhohem Mischwald bewachsen. Dieser beschattet stellenweise den Fuß der Felswand, die, über 100 m hoch, senkrecht emporsteigt und von höherer Vegetation frei ist. Sie liegt in einem Gebiet mit ungefähr 130 cm (Wallenstadt : 129 cm) jährlicher Niederschlagsmenge.

Manche Teile der Felswand empfangen nur das Wasser der Niederschläge; andere werden benetzt durch Rieselwasser, das von der obern Kante zeitweise abfließt; wieder andere Flächen, die unter überhängendem Gestein zurücktreten, werden von einem mehr oder weniger lang anhaltenden Film von Sickerwasser, das aus Ritzen und Spalten tritt, befeuchtet.

Die in zahlreichen Nuancen von matten oder leuchtenden, hellgrauen, blaugrauen, gelben, braunen bis dunkel rotbraunen Farbtönen wechselnde Patina, in der die Felsoberfläche dem Auge des Beobachters erscheint, läßt vermuten, daß sie eine reiche Algenvegetation trägt; die mikroskopische Analyse bestätigt diesen Eindruck.

In Tabelle 37 wurden die Artenlisten von 15 Untersuchungsstellen unserer Felswand vereinigt.

Die Materialien Nrn. 100, 98, 97 und 92 wurden Stellen der freistehenden, stark besonnten, vom Wald nie beschatteten Felswand entnommen, Belichtung : Stufe IV, Benetzungsstufe 5.

Nrn. 99, 191, 193 und 195 stammen von Standorten mit längerer Benetzungsdauer, geringerer Besonnung; sie werden vom Wald nie beschattet; Belichtung : Stufe II, Benetzungsstufe 4.

Nrn. 194, 219, 87 und 192 gehören den Benetzungsstufen 3—4 an. Sie wurden in einer im Sommer dauernd beschatteten Felsnische mit Sickerwasseraustritt gesammelt.

Nr. 196 entstammt der Rückwand einer durch Sickerwasser befeuchteten Felsgrotte. Der Standort ist durch überhängenden Fels, dichten Baum- und Strauchwuchs direkter Besonnung weitgehend entzogen. Benetzungsstufe 3.

Das Studium der vorliegenden Vegetation erwies sich als besonders lehrreich hinsichtlich der Formenmannigfaltigkeit einiger Arten in Abhängigkeit von den Standortsbedingungen. In den Materialien Nrn. 100, 98, 97 und 191 (Kolonnen 1—3 und 7 der Tabelle) dominieren die gelbhülligen Dauerzellen der Alge, die Nováček vorläufig als *Gloeocapsa pleurocapsoides* bezeichnete. Neben ihnen liegen aber auch reichlich 2-, 4- und 8zellige Lager vor, die unzweifelhaft aus den genannten Dauerzellen hervorgingen. Auch Nováček hat solche Stadien beschrieben und als status *quadrantorum* (4zellig) bzw. *octantorum* (8zellig) bezeichnet. Findet nun ein weiterer Teilungsschritt statt, so ordnen sich die 16 Zellen mehr kugelig an. Gleichzeitig nimmt die gemeinsame Gallerthülle an Dicke zu und zeigt deutliche, ineinander geschachtelte Hüllen und eine etwas weniger dichte, aber durchaus charakteristische Gelbfärbung. Solche Lager müssen nach der gebräuchlichen Literatur als *Gloeocapsa rupestris* bezeichnet werden. Sie entstehen aus den Dauerzellen nur dann, wenn genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, so, wie auch die Dauerzellen von *Gloeocapsa sanguinea* bei Eintritt höherer Feuchtigkeit in den mehrzelligen Zustand mit dickerer, geschichteter Hülle übergehen. Wird nun der Feuchtigkeitsgrad oder die Benetzungsdauer noch höher, so teilen sich die Zellen in den « *rupestris* »-Lagern weiter; die Hüllen werden noch dicker, ihre Färbung etwas lichter, und die Lager gehen in den Zustand über, der die Merkmale typischer *Gloeocapsa Kützingiana* besitzt. Tatsächlich entstehen diese Zustände auseinander; sie gehören genetisch zusammen und dürfen deshalb nicht in distinkten Arten auseinander gehalten werden.

Auf einem Felsstandort von einigen Quadratdezimetern Ausdehnung herrschen ja nicht überall dieselben ökologischen Verhältnisse. Wir haben dies im einzelnen ausgeführt im allgemeinen Teil der vorliegenden Arbeit in den Kapiteln über die Feuchtigkeit, die Temperatur usw. und bei der Besprechung der Tintenstriche im Morteratsch-Gebiet. Wir haben dort gezeigt, daß z. B. der Rand eines Sickerwasserstreifens während geringerer Dauer benetzt ist als der mittlere Streifen, wo das Wasser am längsten absickert. Auch können Unebenheiten, kleinste Vertiefungen, Ritzen usw. hinsichtlich der ökologischen Verhältnisse sehr große Verschiedenheiten der Benetzung, Belichtung, der Reaktion usw. zeigen. Solche Unterschiede sind an den Standorten unserer Algenproben vorhanden und erlauben das gleichzeitige Vorhandensein der verschiedenen Entwicklungszustände einer Art auf beschränktem Raum.

Ähnliche Verhältnisse liegen vor für die verschiedenen Zustände von *Gloeocapsa sanguinea*, auf die hinzuweisen wir bei der Besprechung anderer Untersuchungsgebiete bereits mehrmals Gelegenheit hatten. An der Kalkwand von Bärschis zeigt diese eine besonders große Mannig-

faltigkeit. Neben violett- und rothülligen Lagern findet man solche mit hyalinen, ungeschichteten, sehr weiten oder mittelweiten Gallerthüllen; neben Dauerformen vegetative, darunter nannozytöse Zustände, und ihre jeweilige Abhängigkeit von Benetzung und Belichtung ist meist klar in die Augen springend. Weniger leicht ist an unserer Fundstelle die rote Hüllenfärbung mancher Proben von *Gloeocapsa sanguinea* zu erklären, da die Bestimmungen der Reaktion des Sickerwassers Werte von pH 7,32—7,84, jedoch nie solche unter pH 7 ergaben. Wir haben aber weiter oben ausgeführt, daß der Mikro-Standort gegenüber den Verhältnissen des Makro-Standortes in mancherlei Weise verändert sein kann, sei es durch Tierexkremente oder ein aus einem sauren Substrat abfließendes oder durchsickerndes Wasser.

Auch *Scytonema myochrous* zeigt sich in der ganzen Vielgestaltigkeit seiner Formen. Vom status *crustaceus* über status *typicus* bis zum ausgesprochenen status *Petalonema* sind alle Entwicklungszustände vertreten, der erstgenannte an trockensten, stark besonnten, der letztgenannte an nassen Standorten. Daß *Camptothrix repens* mit *Nostoc microscopicum* vergesellschaftet vorkommt, spricht auch in dem vorliegenden Material für die Möglichkeit, daß jene Art in den Entwicklungskreis von *Nostoc* hineingehöre.

Die Abhängigkeit der Hüllenfärbung von der Intensität der Belichtung (Licht- und Wärmestrahlung) zeigt sich besonders deutlich in Material Nr. 192, das von einer ausgesprochen lichtarmen, nie direkt besonnten Stelle stammt. Dort sind die Gallerten der Blaualgen äußerst schwach gefärbt oder gar farblos; dies trifft in derselben Weise zu bei *Nostoc microscopicum, Scytonema myochrous* (inklusive *Petalonema), Gloeocapsa sanguinea, Gloeocapsa Kützingiana* und *Gloeothece fuscolutea.*

Die in der Tabelle zuunterst aufgeführten Grünalgen, *Trentepohlia aurea, Mesotaenium macrococcum* und insbesondere *Protococcus viridis,* der in Mat. 196 dominierend auftritt, entsprechen ihren vor direkter Besonnung geschützten Standorten. Auch hinsichtlich der übrigen Arten und ihrer Vergesellschaftung in Abhängigkeit vom Substrat und den Umweltbedingungen bestätigt die Verarbeitung der Materialien von Bärschis die in andern Untersuchungsgebieten festgestellten Befunde.

Bei Sargans (520 m ü. M.)

Das Schloß Sargans steht auf einer nach S schroff abfallenden Kuppe aus Malm. Niederschlagsmenge 127 cm. Der nach S exponierte Fels von dunkler Farbe zeigt an seinen nur vom fallenden Regen befeuchteten Flächen Flechten und Moose, während Algen (von zufälligen

Tabelle 37

Algenarten \ Materialien	100	98	97	92	222	99	191	193	195	194	219	87	192	220	196
Gloeocapsa sanguinea, st. *pallidus (Aphanocapsa)*											2,2	2,2	1,2		
Gloeocapsa sanguinea, st. *nannocytosus*										1,2	2,2	1,2	1,2		
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., Ralfsianus*													1,2		
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.*		1,2					1,2		1,2		3,2	2,2		3,2	
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, Ralfsianus*												2,2	2,2		
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, fam. lam.*	2,2	1,2	1,2	2,2				1,2		1,2	3,2	2,2	2,2	1,2	2,2
Gloeocapsa sanguinea, st. *col., alpinus, perdurans*		1,2	1,2	1,1	1,1	2,2	2,2	4,1	1,2				1,2	2,2	
Gloeocapsa sanguinea, verpilzt								1,2			2,2				
Gloeocapsa Kützingiana, st. *fam. lam.*	2,2	1,2	1,2				2,2						1,2		
Gloeocapsa Kützingiana, st. *rupestris*	2,2	1,2	2,2				2,2		2,2		2,2				2,2
Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*	3,1	4,1	4,1	2,1	3,1		4,1							2,2	
Gloeocapsa fusco-lutea													1,2		2,2
Gloeothece fusco-lutea													1,2		
Chlorogloea microcystoides	2,2	1,2			2,2	4,2	2,2								
Microcystis fusco-lutea		1,2					1,2								
Synechococcus aeruginosus								1,1					1,1		
Chroococcus tenax															2,1

Chroococcus schizodermaticus													1,2		
Chroococcus turgidus													1,2		
Chroococcus turicensis													2,2		
Dichothrix gypsophila												2,3	2,3		
Schizothrix sp.													2,2		
Entophysalis cf. *Samoensis*								1,2							
Tolypothrix cf. *Rechingeri*								1,2							
Tolypothrix byssoidea				4,3	2,2	2,2									
Tolypothrix epilithica								2,3							
Calothrix parietina	1,2	1,2					1,2	1,2				1,2			
Scytonema myochrous, st. *typicus* . . .													2,3		1,2
Scytonema myochrous, st. *crustaceus* . .	1,2	1,2	1,2				1,2	1,2	1,2	1,2		1,2			
Scytonema myochrous, st. *Petalonema* .													2,2		
Plectonema gracillimum								1,2		1,3			2,3		
Plectonema sp.													1,2		
Stigonema minutum												2,3			
Nostoc microscopicum					2,2	1,2	1,2	1,2	2,2	1,2			2,2		
Nostoc sphaericum													2,2		
Camptothrix repens										1,1			1,1		
Microcoleus paludosus															2,2
Microcoleus vaginatus													1,2		
Melosira Roeseana										2,1					
Trentepohlia aurea															2,3
Mesotaenium macrococcum								1,1							1,1
Protococcus viridis															4,2

Anflügen abgesehen) fehlen. Diese (Mat. 220 A) sind auf jene begünstigten Stellen beschränkt, wo das Wasser in kleinen Rinnen zeitweise herabrieselt. Dort aber bedecken sie das Substrat mit einer geschlossenen Decke, die bei Eintritt der Trockenheit in bis zu 30 cm² großen Krusten sich vom Substrat ablöst. *Gloeocapsa sanguinea* herrscht vor, in allen Zuständen der Entwicklung, von den Dauerzellen bis zu den Stadien mit weitabstehenden Hüllen, je nach dem Grade der Feuchtigkeit an der Fundstelle. Die violetthülligen Formen herrschen fast unumschränkt; gelegentlich sind aber auch Lager mit roten Hüllen sichtbar. *Tolypothrix epilithica* nimmt einen breiten Raum ein. In ausgebreiteten Lagern bedeckt sie das Gestein, Chroococcaceen verschiedener Art, insbesondere *Gloeocapsa quaternaria* zwischen ihren Fäden einschließend. *Nostoc microscopicum* und die Konjugatenalge *Mesotaenium macrococcum* var. *micrococcum* bezeichnen die Stellen höheren Benetzungsgrades auf dem Gestein; zwischen und in ihren Lagern sind Kieselalgen und schleimige Herde von *Lyngbya Kützingiana* eingestreut.

Im Zustande mehr oder weniger fortgeschrittener Lichenisierung zeigt sich *Nostoc microscopicum* an den trockensten Stellen des Gesteins und liegt, insbesondere auf Zenitflächen, in wohlausgebildeten *Collema*-Flechten vor.

15. Am Bürgenstock (970 m ü. M.)

Auf der rechten Seite des Felsenweges, der von der Endstation der Bürgenstockbahn nach der Hammetschwand führt, erhebt sich ein bewaldeter Berghang im Malmkalk. Felswände, teils steil abfallend, und kleinere Felszähne und -köpfe stehen teils frei an, teils sind sie von ziemlich dichtem Buchen- und Fichtenwald eingehüllt.

So bietet sich Gelegenheit, längs dieses Felsenweges die Vegetation der einerseits intensiver Belichtung, Erwärmung und Austrocknung ausgesetzten, anderseits der direkten Sonnenstrahlung entzogenen, von feuchterer, gleichmäßigerer Atmosphäre umgebenen Malmwände vergleichend zu untersuchen. Exp. N; Niederschläge 165 cm (Seelisberg).

1. Freistehende, stark besonnte Felsflächen

Sie zeigen die hellgraue Patina, wie wir sie in allen untersuchten Gebieten der Kalkalpen im Jura und im Mittelland beobachteten, und die Vegetation, die diese Oberflächenfärbung des Gesteins verursacht, ist ebenfalls weitgehend dieselbe. Wir notierten (Mat. 699)

Gloeocapsa sanguinea, st. *col.*, *alpinus*, *perdurans*
» » » » » *germinans*
» » » » » *familiaris lamellosus*

Gloeocapsa Kützingiana, st. *pleurocapsoides*
» » » *germinans*
» » » *rupestris*
Gloeocapsa Shuttleworthiana, st. *perdurans*
Gloeocapsa atrata
Calothrix parietina
Scytonema myochrous, st. *crustaceus*

Die Dauerzustände der beiden erstgenannten *Gloeocapsa*-Arten bestreiten wohl 98 % der gesamten Vegetation. Sie liegen z. T. in dicken Krusten biogen gefällten Kalkes; vielfach sind sie lichenisiert. Diese Vegetation besiedelt die trockensten Stellen des Gesteins. Entsprechend dem verhältnismäßig hohen Lichtgenuß (Stufe II) liegen die Algen mit intensiv gefärbten Hüllen und Scheiden vor.

2. Felsstellen ähnlicher Art, aber durch hochragende Bäume und Strauchwerk beschattet; Belichtung Stufe I.

Die Analyse des Mat. 699 A ergab folgende Artenliste :

Nostoc microscopicum, sehr reichlich
Phormidium Corium, Moospolster bedeckend
Phormidium subtruncatum
Symploca muscorum,
Trentepohlia aurea, große Flächen des Gesteins in zahlreichen kleineren Tuffen bedeckend
Protococcus viridis, hauptsächlich an der Basis unter überhängendem Fels fast reine Bestände, vielgestaltig in der Ausbildung der Lager
Cystococcus humicola Näg. emend. Treboux
Coccomyxa thallosa
Stichococcus bacillaris
Mesotaenium macrococcum var. micrococcum

Die sehr weitgehende Übereinstimmung dieser beiden Artenlisten mit denjenigen ökologisch ähnlicher Wuchsorte (Teufelsküche, Taubenlochschlucht, Teufelsschlucht bei Hägendorf, Wildkirchli usw.) ist nicht zu verkennen. Der auffallende Reichtum an grünen Algen ist auf die Lichtarmut bzw. den Schutz durch Baum- und Strauchwerk vor intensiver Besonnung zurückzuführen.

Im folgenden bringen wir in knapper Form die Vegetation einer Reihe von weiteren Standorten aus der Voralpenzone zur Darstellung. Obschon sie uns nicht mehr viel Neues lehrten, seien sie mitgeteilt als Belege, in denen die in den vorigen Kapiteln niedergelegten Auffassun-

gen und Schlußfolgerungen eine Bestätigung finden. Manche von jenen sind ja noch ungenügend bewiesen, weshalb die Wahrscheinlichkeit ihrer Richtigkeit um so größer wird, an je mehr Standorten sie sich bestätigen. Die im folgenden erwähnten Materialien sind weniger im Detail durchgearbeitet worden als diejenigen, die aus den in den früheren Kapiteln beschriebenen Hauptuntersuchungsgebieten stammen. Sie wurden gesammelt anläßlich gelegentlicher Touren und Autofahrten, die nicht immer eine eingehende Betrachtung der Verhältnisse an Ort und Stelle erlaubten.

16. Bei Thierfehd, Kt. Glarus (910 m ü. M.)

Der Talboden von Thierfehd, einem Weiler oberhalb Linthal, dem Ausgangspunkt der Klausenstraße, ist umschlossen von steil aufgetürmten, mehrere hundert Meter hohen Malmwänden. Diese verlaufen in N-S-Richtung. Die von uns untersuchten Felsflächen sind nach NE exponiert. Wald bedeckt sowohl ihre obere Kante als auch ihren Fuß. Sie bieten der Algenvegetation also Standorte, auf die infolge des dichten Pflanzenwuchses und ihrer NE-Exposition während des ganzen Jahres kein oder doch nur wenig direktes Sonnenlicht fällt (Stufe I). Der verhältnismäßig hohe Feuchtigkeitsgrad der Standorte ergibt sich schon aus der für das Tal hohen jährlichen Niederschlagsmenge von 260 cm, überdies aber auch aus der feuchten Atmosphäre, die durch den die Wand beschattenden Wald festgehalten wird, sodann aus zahlreichen Austritten von Sickerwasser.

Die Felsoberfläche trägt alle Anzeichen einer « alten » Wand, d. h. eines Gesteins, dessen Oberfläche seit langem intakt blieb, also nicht in neuerer Zeit durch Steinschlag, Rutschung oder künstliche Sprengung verändert wurde. Ihre Oberfläche ist rauh und zeigt im nassen Zustande ein Aussehen, als ob sie mit Mörtel beworfen worden wäre. An trokkenen Stellen läßt sich diese Kruste als intakte Schicht von der Felsoberfläche abheben.

In der Vegetation dieser Kalkwand dominiert wiederum *Gloeocapsa sanguinea*. Diese liegt vor in großen Lagern mit mittelweiten und engen Hüllen, also im st. *fam. lam.* und im st. *perdurans*. Im letzteren ist die zähe Gallertschicht, die die Zellen umhüllt, intensiv violett gefärbt. Unter den weiterhülligen Formen finden wir alle Übergänge von intensiv zu schwach und ungefärbten Formen, und vielfach liegen Kolonien vor, die auf der dem Licht zugekehrten Seite ziemlich intensiv violett, auf der dem Licht abgewandten Seite dagegen schwächer gefärbt oder vollkommen farblos sind. In einzelnen Exemplaren sind den Lagern mit violetten Hüllen auch rothüllige Kolonien beigemischt. Ohne die Reak-

tion ihres Wuchsortes gemessen zu haben, können wir in Analogie zu all den weiter oben beschriebenen Ergebnissen unserer Untersuchungen annehmen, daß am Standort dieser rothülligen Lager eine Reaktion von ca. pH 6,5 vorhanden sein muß. Dieser pH-Wert dürfte aber an nur verhältnismäßig wenigen, sehr engbegrenzten Stellen vorhanden sein, während rings um sie herum, nämlich überall da, wo violetthüllige *Gloeocapsa sanguinea* vorliegt, die Reaktion höhere Werte zeitigen muß. Solche Unterschiede im pH-Wert auf geringste Distanz hin sind ja durchaus wahrscheinlich. Bedenken wir nur, wie z. B. der Auswurf eines Vogels oder eines Kleintieres unter den Felsbewohnern die Reaktion eines Algenstandortes für kürzere oder längere Dauer wesentlich verändern kann.

Neben *Gloeocapsa sanguinea* ist *Gloeocapsa Kützingiana* reichlich vertreten. Der ersteren beigemischt findet sie sich vielfach im Zustande mittelweiter Hüllen (st. *fam. lam.*) vor; viel reichlicher und dann in vielfach reinen Beständen tritt sie im Dauerzellenstadium auf. Diese lassen sich wie an so vielen weiter oben besprochenen Standorten von bloßem Auge erkennen in der bläulichgrauen Färbung ihrer stark verkalkten und sich in halbkugeligen, harten Pusteln über das Substrat erhebenden Lager.

An weiteren Algen notierten wir : *Gloeothece fusco-lutea, Synechococcus aeruginosus, Aphanothece endolithica, Schizothrix Heufleri.* Diese Blaualge mit blaugrau gefärbten Fadenscheiden verleiht stellenweise dem Substrat eine charakteristische Bläulichfärbung, durch die ihre ausgebreiteten, oft Quadratzentimeter großen Lager makroskopisch sichtbar werden. Ferner finden sich auf unserer Felswand reichlich *Scytonema myochrous, Nostoc microscopicum* und *Trentepohlia aurea.* Unter den genannten Algen befindet sich eine ganze Reihe kalkfällender Formen. Dabei kommen in erster Linie in Frage : *Gloeocapsa Kützingiana,* st. *pleurocapsoides, Gloeocapsa sanguinea, Schizothrix Heufleri,* deren Scheiden vielfach in eine kompakte röhrenförmige Kalkkruste eingehüllt sind. Diese Blaualgen sind es auch, die die ganze, mehrere Millimeter bis 2 cm dicke Kalkschicht auf der Gesteinsoberfläche hervorbrachten. Durch die Ausfällung des Kalziumkarbonates werden die Algen, die sie verursachen, in eine Kalkkruste eingehüllt und gehen zugrunde, während ihre an der Oberfläche bleibenden Zellen und Kolonien weiterwachsen.

Die verhältnismäßig geringe Belichtung des Standortes kommt in der Vegetation zum Ausdruck in dem großen Bestandteil, den die Gloeocapsen mit schwach gefärbten oder farblosen Hüllen in dieser Vegetation ausmachen, im Vorhandensein von *Aphanothece endolithica* und in demjenigen von *Trentepohlia aurea.*

17. Am Lowerzersee (460 m ü. M.)

Auf der Südseite des Lowerzersees, entlang der Straße, die von Arth nach Brunnen führt, erhebt sich aus der dort überall anstehenden Zone des subalpinen Flysches eine etwa 10 m hohe, senkrecht abfallende und nach N exponierte Wand des Nummulitenkalkes. Diese Kalkkuppe ist bewaldet und empfängt stellenweise während langen Perioden beträchtliche Mengen von Riesel- und Sickerwasser. Diese Stellen zeigen einen auffallend reichen Belag von Algen, die einen samtenen Überzug auf dem Gestein bilden und sich bei eintretender Trockenheit als Fetzen ablösen (Mat. 583).

Dezimeterweit sind es zusammenhängende Lager von *Tolypothrix epilithica*, die den Fels bedecken. Sie sind mit Kalk reichlich inkrustiert. Die einzelnen niedergeschlagenen Kalkteilchen liegen den Fadenhüllen so auf, daß sie diese wie mit einem Mosaik von kleinen Kristallen bedecken. Die Krusten dieser Algenlager erreichen im gequollenen Zustande bis 3 mm Dicke. In den tieferen Schichten, die offenbar im Kalkpanzer ersticken, sterben die Trichome ab, während sie sich an den sich immer weiter verzweigenden Fadenenden gut weiter entwickeln. Daher kommt es, daß die Enden der Trichome breitere Zellen aufweisen als die im Kalk eingeschlossenen Teile. In diesen *Tolypothrix*-Krusten ist wenig Platz für andere Organismen. Da und dort aber sind noch anzutreffen (Mat. 582) :

die Grünalgen

Mesotaenium macrococcum
Trentepohlia aurea, sodann
Synechococcus aeruginosus und
Gloeocapsa sanguinea.

Diese Beimischung von Grünalgen ist, wie anderwärts mehrfach betont wurde, auf die N-Exposition des Standortes, also auf eine verhältnismäßig geringe direkte Insolation (Stufe II) zurückzuführen und weiterhin auch auf die hohe Niederschlagsmenge (170 cm) der Gegend um den Lowerzersee.

Einsiedeln-Euthal (900 m ü. M.)

Die Nummulitenkalke, die beim Lowerzersee bereits an einer Stelle auf ihre Algenvegetation hin untersucht wurden, stehen zu beiden Seiten der Straße Einsiedeln-Euthal in einem hellen, massigen Fels an.

Die nachfolgende Algenliste (Mat. 584) stammt von einer N-exponierten Wand rechts der Straße an der Stelle, wo von dem Dorf Euthal der Weg das Tal durchquert. Der Standort ist charakterisiert durch eine

Niederschlagsmenge von 160 cm (Euthal) und eine Belichtung entsprechend der Stufe II.

Die verhältnismäßig trockenen Stellen des Standortes zeigen als epilithische Algen :

Scytonema mirabile
Gloeocapsa sanguinea, der N-Exposition entsprechend in wenig gefärbten Hüllen und nur selten im Stadium der Dauerzellen
Gloeocapsa polydermatica
Nostoc microscopicum
Trentepohlia aurea

Neben diesen sicher erkennbaren Arten ist noch eine Anzahl anderer Grün- und Blaualgen vertreten, deren geringe Individuenzahl oder untypische Ausbildung aber eine sichere Bestimmung nicht erlaubt.

18. An der Iberger Egg (1420 m ü. M.)

Das Material Nr. 441 stammt aus dem Gebiet des Wildflysches der Iberger Egg (Kt. Schwyz), am Fuße des kleinen Schienberges. Es wurde am 11. Juni 1934 einer Sickerwasserstelle entnommen, die nach N exponiert in einer Waldlichtung ansteht; Belichtung : Stufe II. Leider konnte die Reaktion des Sickerwassers nicht festgestellt werden. Die Analyse des Algenmaterials ergab folgende Artenliste :
Kieselalgen, zahlreiche Arten

Gloeocapsa sanguinea, st. *col., fam. lam.*
» » » » *Ralfsianus*
» » st. *alpinus, fam. lam.*
» » » » *Ralfsianus*
Gloeocapsa Kützingiana, st. *rupestris*
Gloeothece fusco-lutea, st. *fam. lam.*
Scytonema mirabile
Scytonema myochrous, st. *Petalonema*
Nostoc microscopicum
Stigonema cf. turfaceum
Chroococcus turgidus
Chroococcus tenax
Synechococcus aeruginosus
Cosmarium obtusatum
Cosmarium dovrense
Trentepohlia aurea

Die Zusammensetzung dieser Vegetation steht mit unsern Auffassungen über die Ansprüche der einzelnen Arten an die ökologischen

Verhältnisse des Standortes und ihrer verschiedenen Entwicklungszustände in Abhängigkeit von diesen Verhältnissen in vollkommenem Einklang. Der Standort zeigt einen hohen Benetzungsgrad, der ungefär den Stufen 2—3 entspricht. Dementsprechend gelangen die Kieselalgen und zwei Cosmarien zu reicher Entfaltung, während die Gloeocapsen, die zwischen Zeiten der Benetzung längerer Trockenperioden bedürfen, stark zurücktreten. *Gloeocapsa sanguinea* liegt im st. *fam. lam.* und im st. *Ralfsianus,* also in mittel- bis weithülligen Zuständen vor. Auf hohe Feuchtigkeit des Wohnraumes weisen auch *Gloeocapsa Kützingiana,* die im st. *rupestris* vertreten ist, und die feuchtigkeitliebende *Gloeothece fusco-lutea* hin. *Scytonema myochrous* ist mit normalweiten, zum größeren Teil aber mit sehr weiten Hüllen, also im extremen Fall im *Petalonema*-Zustande vertreten. Die Reaktion des Sickerwassers muß im Bereich von pH 6,5 liegen. Darauf deutet die bald rote, bald violette Färbung der Hüllen von *Gloeocapsa sanguinea* hin. Aber auch *Chroococcus turgidus, Chroococcus tenax, Synechococcus aeruginosus* und *Stigonema cf. turfaceum* weisen auf eine saure Reaktion hin.

19. Am Reichenbachfall (750 m ü. M.)

Der Reichenbachfall bei Meiringen liegt im geschichteten Kalk in N-Exposition. Von seiner zweitletzten Stufe fällt das Wasser in einen mächtigen Felsenkessel, dessen Wände durch die mechanische Erosion des stürzenden Wassers tief in den Berg hineingefressen sind. Das Wasser spritzt auseinander, zerstäubt und wird vom Winde verweht, so daß in weitem Umkreis die nackten Felsen dauernd benetzt sind.

Die Vegetation dieses Gesteins ist spärlich, armselig im Vergleich zu den algen-, flechten- und moosreichen Fallwänden z. B. des Rheinfalls, der kleineren Wasserfälle auf der Seealp (Säntis) und den farbenreichen Algenüberzügen auf den überrieselten Felsblöcken besonnter Berghänge.

Die Sturzwand, über die das Wasser herunterfällt, läßt keine Vegetation erkennen. Erst in einiger Entfernung, wo die Spritzer und der Gischt hinreichen, ist die Gesteinsoberfläche von einer teils rötlichen, teils schokoladebraunen Kruste von *Rivularia Biasolettiana* und *Calothrix parietina* überzogen. Die Lager dieser letzteren bedecken in der Zone des Aufpralls in weitem Umkreis das herumliegende Gestein von den größten Felsblöcken bis zu den kleinsten Splittern. Auch *Gomphonema parvulum,* eine Kieselalge, die sich durch lange, verzweigte Gallertstiele am Substrat festhält, gelangt in dieser Zone zu reicher Entfaltung. Zusammen mit *Calothrix* überzieht sie die am Boden liegenden Steine mit einer schleimigen, schlüpfrigen Schicht. *Ulothrix* sp.

bedeckt in grünen Büscheln die äußersten, durch den Gischt benetzten Zonen der Fallwand.

Das Fehlen einer nennenswerten Vegetation auf der Fallwand und die Artenarmut auf den an jene anschließenden Kalkwänden läßt sich erklären durch die rasche mechanische Erosion, der unser Felskessel ausgesetzt ist. Das reichliche Geschiebe, welches der Wildbach führt, scheuert die sich etwa ansetzenden Polster und Rasen von Algen und Moosen vom Gestein weg, und überdies wird durch die rasche Erosion des horizontal geschichteten Kalkes die Gesteinsoberfläche in rascher Folge erneuert.

Unter dem überhängenden Fels des Falles, von dem aus einer Höhe von etwa 10 m an vielen Stellen andauernd Wasser abtropft, breitet sich eine mehrere Meter breite und mehrere Zentimeter mächtige Bank von Algentuff aus. Dieser ist an seiner Oberfläche durch einen geschlossenen *Scytonema*-Rasen braun gefärbt und zurückzuführen auf die kalkfällende Tätigkeit dieser Alge, die, abgesehen von spärlich vorhandenen Kieselalgen, in einem reinen Bestande vorliegt. Bei der Art-Bestimmung unseres *Scytonema* stießen wir auf beträchtliche Schwierigkeiten. Das eine Mal lag ein Material vor mit farblosen, homogenen, ein anderes Mal ein solches mit schwach gefärbten, undeutlich geschichteten und ein drittes Mal mit stark gefärbten, deutlich trichterförmig geschichteten Scheiden. Im einen Präparat sind die Fäden breit, im andern schmal. Die Merkmale, durch welche die bisher beschriebenen *Scytonema*-Arten charakterisiert und gegeneinander abgegrenzt sind, gehen in unserm Material scheinbar regellos durcheinander, und wenn man unsere Alge mit den verschiedenen Art-Diagnosen gewissenhaft vergleicht, so läßt sie sich in keine der beschriebenen Arten einreihen. Die Fäden sind 27—37 μ, im Mittel von hundert gemessenen Fäden 33,2 μ, die Trichome ziemlich einheitlich 13 μ breit. Am ehesten läßt sie sich in den Kreis von *Scytonema myochrous* eingliedern, wenn auch von « deutlich divergierend geschichteten Fadenscheiden » nicht eigentlich gesprochen werden kann, da gegenüber derart ausgebildeten Fadenstücken solche mit undeutlich oder gar völlig ungeschichteten Scheiden an Zahl weit überwiegen. Die Deutung unseres Materials kann nun nach zwei Richtungen hin gesucht werden. Wir könnten mit anderen Autoren die Spezies *Scytonema myochrous* als eine Sammelart auffassen, wobei angenommen werden müßte, daß die in einer solchen vereinigten Einzelspezies in unserm Material vermischt vorlägen, oder aber wir hätten dieses letztere als genetisch einheitlich zu betrachten und aus der beobachteten Vielgestaltigkeit auf eine weite Variationsbreite in der Ausbildung der Trichome, Fäden und Fadenscheiden zu schließen, auf die auch Geitler (1930, S. 780) hinweist.

Wir haben uns für diese letztere Deutung entschieden. Im Laufe unserer Untersuchungen kamen uns zahlreiche ähnliche Fälle zu Gesicht, durch die wir lernten, die Verschiedenartigkeit in der Ausbildung der Fäden auf die speziellen lokalen Verhältnisse des Wuchsortes, insbesondere auf dessen Benetzungs- und Belichtungsverhältnisse zurückzuführen. Darüber hinaus gelangten wir zu der Auffassung, daß sich mit den in unserm Material beobachteten Formen die Vielgestaltigkeit der Art *Scytonema myochrous* noch bei weitem nicht erschöpft, sondern daß die bisher als *Scytonema crustaceum* und *Petalonema alatum* bezeichneten Formen als die Entwicklungszustände extrem trockener bzw. extrem feuchter Standorte mit in den Formenkreis unseres weiter gefaßten *Scytonema myochrous* einzubeziehen sind.

2. Kapitel

Untersuchungen im Gebiete des Jura

20. Am Creux-du-Van (1320 m ü. M.)

Südöstlich Noiraigue im Val de Travers (Kt. Neuenburg) ist in einem Felszirkus von riesigen Ausmaßen der weiße Jura (Kimeridgien-Argovien) der Chasseral-Kette angeschnitten. Seine 166 m hohe Wand, die eine Strecke weit die waadtländisch-neuenburgische Kantonsgrenze bildet, trägt auf ihrem Scheitel die Bergweiden des Soliat. Im Innern des Felszirkus breitet sich auf Bergsturz- und Moränenmaterial Fichtenwald aus, stellenweise so weit an die Felswand herantretend, daß diese an ihrem Fuße dauernd beschattet ist. An solchen Stellen (Mat. 688) ist der Fels durch üppige Bestände von *Protococcus viridis, Trentepohlia aurea* und staubig-krustige, lepröse Flechtenlager grün, gelb und weißgrau gefärbt. Sonst aber zeigt er, wo man nur hinsehen mag, jene graublaue Patina, wie wir sie von so vielen Felswänden im Jura und im Kalkgebiet der Alpen her kennen (Mat. 689—695).

Die Oberfläche des Gesteins ist auffallend rauh, tiefgreifend korrodiert. Mäandrisch verlaufende Gänge und Furchen und halbkugelige Höhlungen von wenigen Millimetern bis zu 1 cm Durchmesser sind durch Rücken, Kämme, Riffe und Zähne von einheitlichen Ausmaßen voneinander getrennt. Bei starker Lupenvergrößerung sieht die oberste Schicht des Gesteins wie « vermorscht » aus und läßt sich mittels eines groben Pinsels als feiner, aus mikroskopisch kleinen Kalksplitterchen bestehender Detritus wegfegen.

Die gesamte Felsoberfläche ist mit einem dünnen Belag eng aneinanderschließender Algen bedeckt. Diese kleben sowohl auf Erhebungen